

В.А.НАБОКИХ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

УЧЕБНИК

Рекомендовано

*Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих программы
среднего профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 495
от 02 июля 2009 г. ФГУ «ФИРО»*

6-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2017

УДК 629.33:629.114.2(075.32)

ББК 39.33-04:39.34-04я723

Н141

Рецензенты:

директор Дмитровского государственного политехнического колледжа,
канд. техн. наук, проф. *М.А.Крещенко*;
председатель цикловой комиссии авторемонта Колледжа автоматизации
и радиозлектроники № 27 им. П.М.Вострухина, г. Москва *С.В.Сингаевский*

Набоких В.А.

Н141 Электрооборудование автомобилей и тракторов : учебник
для студ. учреждений сред. проф. образования / В.А.Набо-
ких. — 6-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия»,
2017. — 400 с.

ISBN 978-5-4468-5640-4

Учебник может быть использован при освоении профессионального мо-
дуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта» по спе-
циальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транс-
порта».

Приведены общие требования к автотракторному электрооборудова-
нию, описаны условия его эксплуатации. Рассмотрены конструкции, схемно-
технические решения, методики испытания и диагностирования электро-
оборудования автотранспортных средств и тракторов.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 629.33:629.114.2(075.32)

ББК 39.33-04:39.34-04я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Набоких В.А., 2011

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-4468-5640-4

Учебное издание

Набоких Владимир Андреевич

Электрооборудование автомобилей и тракторов

Учебник

6-е издание, стереотипное

Редактор *А. С. Яновский*

Технический редактор *Н. И. Горбачёва*

Компьютерная верстка: *А. В. Бобылёва*

Корректор *С. Ю. Свиридова*

Изд. № 706213240. Подписано в печать 20.03.2017. Формат 60 × 90/16.

Гарнитура «Балтика». Усл. печ. л. 25,0.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru

129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.ПЩ01.Н00695 от 31.05.2016.

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта».

Учебник предназначен для изучения профессионального модуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта» (МДК 01.02).

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включены терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Электрооборудование автомобилей и тракторов во многом определяет безопасность дорожного движения, состояние окружающей среды и экономию топлива, поэтому обеспечение его надежной работы является наиболее важным и приоритетным направлением совершенствования этих транспортных средств.

Безопасность дорожного движения обеспечивают:

- фары ближнего и дальнего света, противотуманные фары и фонари, фары-прожекторы, светосигнальная аппаратура (указатели поворотов, задние фонари, катафоты или световозвращатели, опознавательные знаки автопоезда, габаритные огни, сигналы торможения, фонари освещения номерного знака, аварийная сигнализация); сигнализаторы; звуковой сигнал;
- стеклоочистители и стеклоомыватели лобового и заднего стекол, фарочистители и фароомыватели, устройства обдува и обогрева лобового стекла, обогрева заднего стекла, противоугонные системы, спидометры, счетчики пройденного пути, тахометры, тахографы, мотоциклетчики и жгуты проводов;
- антиблокировочные и противобуксовочные системы тормозов с электронным управлением;
- блокировка передних и задних дверей, подушки безопасности с электронным управлением;
- электромеханический усилитель руля;
- спидостаты (автоматические системы поддержания постоянной скорости транспортного средства).

К приборам, аппаратам и системам, влияющим на экологические и экономические показатели транспортных средств, можно отнести:

- генераторы и генераторные установки, системы электропуска двигателя внутреннего сгорания, аппараты зажигания, электронные системы автоматического управ-

ления топливоподачей и переключения передач, информационные системы (информационно-измерительные системы контроля), щитки приборов, встроенные и выносные системы диагностирования транспортного средства в процессе эксплуатации.

К системам, обеспечивающим комфортные условия в транспортном средстве, относятся:

- системы климат-контроля, отопители и вентиляторы, кондиционеры;
- маршрутные компьютеры;
- спутниковые микропроцессорные системы круиз-контроля.

Намечается тенденция применения на транспортных средствах персональных компьютеров, обеспечивающих связь через Интернет, для выполнения распорядительных и финансовых функций во время поездок. На перспективных и концептуальных транспортных средствах широко применяются двигатели внутреннего сгорания, работающие на альтернативных топливах (аммиак, водород, спирты, синтетические топлива, сжиженный или сжатый газ), а также новые материалы и технологии производства изделий электрооборудования, топливные элементы (электротехнические устройства, непосредственно преобразующие химическую энергию в электрическую).

Многие фирмы работают над созданием транспортных средств с комбинированным (гибридным) силовым тяговым электроприводом, способным запасать энергию торможения в молекулярных накопителях энергии (суперконденсаторах) и маховиках.

В процессе создания учебника автор использовал материалы исследований и разработок, проводившихся в НИИАвтоприборов (ФГУП НИИАЭ) и на кафедре АТЭ МГТУ «МАМИ» при его непосредственном участии.

Автор выражает признательность доценту Ш. М. Нигматуллину за помощь в подготовке рукописи к изданию.

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Электрооборудование автомобилей и тракторов по функциональному назначению содержит следующие системы:

- систему электропуска двигателя внутреннего сгорания, включающую в себя стартер, реле управления стартером, аккумуляторную батарею (иногда с применением молекулярного накопителя — суперконденсатора) и дополнительные устройства предпускового подогрева (электрофакельное устройство, воздушный или жидкостной подогреватель). Для автомобилей высшего класса в настоящее время спроектирован, осваивается или находится в производстве стартер-генератор. Стартер-генератор интегрирован в маховик двигателя и управляется электронным модулем в режимах стартера, генератора или «стоп-старта» (автоматическая остановка и пуск двигателя);
- систему электроснабжения, состоящую из генераторной установки с регулятором напряжения, аккумуляторной батареи и пучка соединительных проводов;
- систему зажигания, состоящую из свечей зажигания, высоковольтных проводов и свечных наконечников, экранированных или неэкранированных, прерывателя-распределителя или датчика-распределителя, катушки зажигания (одновыводной, двухвыводной, четырехвыводной или индивидуальных на каждую свечу зажигания), добавочного резистора, транзисторного коммутатора и контроллера;

- электронные системы управления двигателем, силовым агрегатом;
- систему освещения, световой и звуковой сигнализации, состоящую из фар головного освещения, указателей поворота, задних и передних фонарей, фонаря освещения номерного знака, габаритных огней, плафонов освещения салона, световых табло;
- информационно-измерительную систему контроля и диагностирования параметров автомобиля, трактора и их агрегатов, включающую в себя датчики давления масла, температуры охлаждающей жидкости, скорости автомобиля; спидометр; тахометр; счетчик моточасов; указательные приборы; щитки приборов и диагностические панели или дисплеи; сигнализаторы аварийных значений контролируемых параметров;
- систему электропривода, включающую в себя электродвигатели отопителя; электровениляторы; стекло- и фарочистители; стеклоподъемники; блокировку дверей; моторедукторы антенны, зеркал заднего вида и сидений водителя и пассажиров;
- систему коммутации и защиты бортовых сетей, состоящую из выключателей, переключателей, кнопок управления, электромагнитных и электронных реле; блока предохранителей и реле; выключателя зажигания; пучка проводов; разъемов и соединителей. В случае применения мультиплексной проводки в системе коммутации появляются интеллектуальные ключи, электронный блок управления с центральным процессором и согласующие шины CAN-протокола связи (Controller Area Network) и локальные модули;
- систему пассивной и активной безопасности, состоящей из антиблокировочной системы тормозов, подушек безопасности, регулирования подвески;
- систему подавления радиопомех, состоящую из фильтров, помехоподавляющих наконечников и резисторов, экранов и полуэкранов.

Первые три системы и датчики информационно-измерительной системы контроля, устанавливаемые на двигателе внутреннего сгорания, относят к *моторному комплексу электрооборудования* за исключением элементов систем предпускового подогрева, находящихся в салоне или кабине.

Системы освещения и световой сигнализации, а также очистки передних, задних стекол и фар, предотвращения блокировки тормозов относят к системам *безопасности (активной и пассивной)*.

Информационно-измерительная система контроля параметров двигателя, автомобиля и трактора одновременно выполняет функции *встроенной диагностической системы*.

В *систему жизнеобеспечения и комфорта* входят электроприводные механизмы различных типоразмеров.

К *системе экологической безопасности* относят электронные системы управления силовыми агрегатами и очистки отработавших газов.

В настоящее время на автомобилях появились *мультиплексные системы бортовой сети* с CAN-интерфейсной шиной контроля и управления с открытым стандартным протоколом обмена данными, интегрированный стартер-генератор, электронные средства связи через спутниковые системы и Интернет. В этих сетях находят широкое применение интеллектуальные ключи с защитой от коротких замыканий и управляемые через шину CAN вторичные источники-преобразователи напряжения. Эти преобразователи предохраняют выходные каскады электронных блоков управления от перегрузок и от перенапряжений, возникающих в процессе аномальных режимов работы при коммутации токов мощных потребителей (режим сброса нагрузки).

Классификацию электрооборудования проводят и по месту размещения его на борту транспортного средства. Изделия, размещаемые на ДВС, называют *изделиями и системами моторного отсека*. К ним относят генераторные установки, стартеры, аппараты системы зажигания, датчики и т.д.

Системы информационно-измерительные и контроля, электроприводные механизмы системы жизнеобеспечения и комфорта, расположенные в салоне транспортного средства, называют *изделиями салона*.

Изделия и системы, размещаемые вне салона, называют *изделиями шасси*.

Классифицируют системы электрооборудования и по архитектуре бортовой сети транспортного средства, выделяя, например, сети распределения электрической энергии, защиты от коротких замыканий и сигнализации, дорожной и экологической безопасности, низко- и высокоскоростной передачи информации.

Применение подобной структуры приводит к появлению двухуровневой системы 14 В/42 В, которая является переходной к

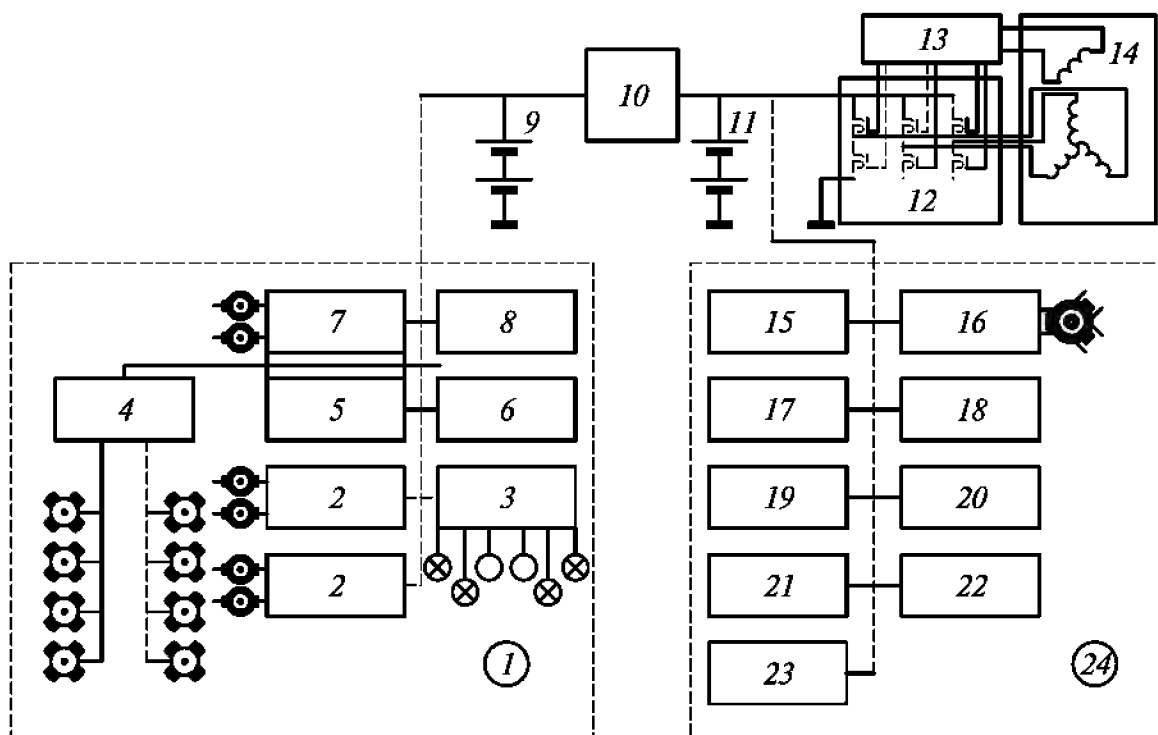


Рис. 1.1. Схема двухуровневой бортовой сети с двумя аккумуляторными батареями напряжением 12 и 36 В:

1 — потребители малой и средней мощности; 2 — электропривод блокировки дверей; 3 — система освещения и световой сигнализации; 4 — электропривод климатической установки; 5 — центральный замок; 6 — система управления двигателем; 7 — стеклоочистители; 8 — приборная панель информационной системы; 9 — аккумуляторная батарея напряжением 12 В; 10 — обратимый преобразователь постоянного тока; 11 — аккумуляторная батарея напряжением 36 В; 12 — управляемый инвертор постоянного тока в переменный и переменного тока в постоянный; 13 — электронный блок управления стартерным и генераторным режимами; 14 — стартер-генератор, интегрированный в маховик двигателя внутреннего сгорания; 15 — система управления активной подвеской с электроприводом; 16 — электроклапан системы охлаждения двигателя; 17 — электропривод механизма газораспределения двигателя; 18 — электропривод водяного насоса; 19 — электроусилитель руля; 20 — антиблокировочная система тормозов; 21 — электроподогрев каталитического нейтрализатора отработавших газов; 22 — электрообогрев стекол; 23 — электроподогрев сидений; 24 — потребители большой мощности

42-вольтовой системе питания. В такой сети (рис. 1.1) применены 36-вольтовая 11 и 12-вольтовая 9 аккумуляторные батареи. Интегрированный стартер-генератор 14 в генераторном режиме вырабатывает трехфазный ток, который преобразуется инвертором 12 в выпрямительном режиме в постоянный ток напряжением 42 В. Обратимый преобразователь постоянного тока 10 снабжает 14-воль-

товые потребители малой и средней мощности 1 и 12-вольтовую аккумуляторную батарею 9 зарядным током.

Размещение изделий и систем электрооборудования на транспортном средстве и внешние условия эксплуатации определяют технические требования к ним.

1.2. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

На показатели надежности изделий и систем электрооборудования однозначно воздействуют внешние и внутренние объективные, а также местные или субъективные условия. К внешним условиям относят тип покрытия дорожного полотна, условия движения и климатическое воздействие. В табл. 1.1 приведена классификация условий эксплуатации автомобильного транспорта в зависимости от условий движения, дорожного покрытия (Д) и рельефа местности (Р).

Влияние типа покрытия дорожного полотна на режим работы электрооборудования автомобилей большой грузоподъемности приведено в табл. 1.2.

В зависимости от типа транспортного средства, его назначения, режима работы и условий движения меняются нагрузочный и температурный режимы, а также суммарное время работы систем электрооборудования. В табл. 1.3 и 1.4 приведены параметры вибрационных и электрических нагрузок на приборы электрооборудования.

К внутренним объективным условиям относят квалификацию водительского состава и надежность элементов электрооборудования. Например, при высокой квалификации водителя автобуса средняя скорость движения равна 36,6 км/ч, число торможений на 1 км составит 1,7. Водитель средней квалификации обеспечит движение автобуса со средней скоростью 33,6 км/ч, число торможений — 2,6, а количество отказов оборудования у него будет в 1,4 раза больше, причем ресурс агрегатов автобуса сократится на 44...70 %.

Средняя интенсивность эксплуатации за год с учетом условий эксплуатации, возраста, типа, марки и модели транспортного средства составляет 1 100...3 300 ч.

Под влиянием природных и других факторов в комплектующих изделиях, материалах и узлах систем электрооборудования протекают сложные процессы, приводящие к расходованию ресурса и

Таблица 1.1. Классификация условий эксплуатации автомобильного транспорта

Категория условий эксплуатации	Условия движения		
	Более 50 км от города	В малых городах (до 100 тыс. жителей)	В больших городах (более 100 тыс. жителей)
I	$\Delta_1 - P_1, P_2, P_3$	—	—
II	$\Delta_1 - P_4;$ $\Delta_2 - P_1, P_2, P_3, P_4$	$\Delta_1 - P_1, P_2, P_3, P_4;$ $\Delta_2 - P_1$	—
III	$\Delta_1 - P_5;$ $\Delta_2 - P_5;$ $\Delta_3 - P_4, P_5;$ $\Delta_4 - P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$	$\Delta_1 - P_5;$ $\Delta_2 - P_2, P_3, P_4, P_5;$ $\Delta_3 - P_1, P_2, P_3, P_4, P_5;$ $\Delta_4 - P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$	$\Delta_1 - P_1, P_2, P_3, P_4, P_5;$ $\Delta_2 - P_1, P_2, P_3, P_4;$ $\Delta_3 - P_1, P_2, P_3;$ $\Delta_4 - P_1$
IV	$\Delta_5 - P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$	$\Delta_5 - P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$	$\Delta_2 - P_5;$ $\Delta_3 - P_4, P_5;$ $\Delta_4 - P_2, P_3, P_4, P_5;$ $\Delta_5 - P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$
V	—	$\Delta_6 - P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$	—

Примечание. Дорожные покрытия: Δ_1 — усовершенствованные капитальные (цементобетонные монолитные, железобетонные или армированные сборные, асфальтобетонные, мостовые из брусчатки и мозаики на битумном основании); Δ_2 — усовершенствованные облегченные (из щебня, гравия и песка, обработанные вяжущими материалами, из холодного асфальта); Δ_3 — переходные (щебенчатые и гравийные); Δ_4 — переходные (из грунтов и местных каменных материалов, обработанных вяжущими материалами, мостовые из булыжника, зимники); Δ_5 — низкие (грунт, укрепленный или улучшенный добавками, лежневое и бревенчатое покрытие); Δ_6 — естественные грунтовые дороги, временные внутрикарьерные и отвальные дороги, подъездные пути, не имеющие твердого покрытия.

Рельеф местности: P_1 — равнинный (до 200 м над уровнем моря); P_2 — слабохолмистый (200...300 м); P_3 — холмистый (300...1000 м); P_4 — гористый (1000...2000 м); P_5 — горный (свыше 2 000 м).

вызывающие их отказы. В первую очередь это относится к тепловому режиму работы изделий. Причем высокие температуры вызывают не только потерю упругости материала, уменьшение вязкости смазок, изменение объема деталей и старение материалов, но приводят к конструкционным отказам. К этим отказам можно отнести разрывы, деформации, заедания, заклинивания и износы

Таблица 1.2. Влияние материала дорожного покрытия на скоростной режим автомобиля и вибрационные нагрузки приборов электрооборудования

Показатель	Цементобетон, асфальтобетон	Битумоминеральные смеси	Щебень, гравий	Булыжник, укрепленный грунт	Естественный грунт
Средняя скорость движения автомобиля, км/ч	66	56	36	27	20
Средняя частота вращения ротора генератора, мин ⁻¹	3 650	3 000	2 250	2 150	2 000
Максимальная частота вращения ротора генератора, мин ⁻¹	6 500	6 000	5 000	5 000	4 500
Число колебаний подвески с амплитудой более 30 мм (ускорение в местах крепления генератора)	68 (25g)	128 ((25 ... 30)g)	214 ((30 ... 40)g)	352 ((40 ... 50)g)	625 (50g)

Примечание. g — ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Таблица 1.3. Значения вибрационных нагрузок на приборы электрооборудования				
Место установки прибора	Ускорение		Частота, Гц	
	максимальное	предельное	минимальная	предельная
На двигателе	20g	40g	50	2000
В моторном отсеке и кузове	5g	10g	20	120

деталей. В электронных изделиях повышенные температуры вызывают нестабильность электрических параметров, возникновение тепловой неустойчивости и тепловой пробой диэлектриков, *p—n*-переходов и изоляционных материалов (пленок) конденсаторов. При низких температурах происходят изменения электрофизических параметров материалов, возникают механические напряжения внутри элементов, обрывы и короткие замыкания в обмотках, теряется герметичность изделия или прибора.

В табл. 1.5 приведены скоростные режимы работы тракторных генераторов на различных типах дизеля.

У полупроводниковых приборов возникают перемежающие отказы, связанные с механическими повреждениями в местах сое-

Таблица 1.4. Параметры импульсных напряжений бортовой сети					
Номинальное напряжение, В	Уровень напряжения, В, при длительности напряжения, мс				
	0,0003	0,01	0,3	10	300
<i>Аномальные режимы*</i>					
14 (12)	150/–20	112/–28	62/0	42/3	21/6
28 (24)	150/–56	112/–56	84/0	58/7	42/14
<i>Номинальные режимы</i>					
14 (12)	42/6	42/6	28/6	23/6	17,5/10,5
28 (24)	56/14	56/14	56/14	45/15,5	35/21

Примечание. В числителе условной дроби приведены максимальные мгновенные значения, в знаменателе — минимальные.

* Срабатывание предохранителей, запуск двигателя внутреннего сгорания от посторонних источников, при отключении аккумуляторной батареи и т. д.

Таблица 1.5. Скоростные режимы работы тракторных генераторов

Модель дизеля	Мощность, кВт		Частота вращения, мин ⁻¹		
	эксплуатационная	номинальная	Двигателя номинальная	Двигателя при максимальном крутящем моменте	генератора
Дизели с водяным охлаждением					
4Р без надува	55,1	56,6	2 200	1 400	3 000 ... 4 500
6Р с турбонадувом	106,6	110,2	2 200	1 500	3 000 ... 4 500
4Р с турбонадувом	73,5	76,4	1 900	1 400	3 000 ... 4 200
6V с турбонадувом	121,3	128,6	2 100	1 450 ... 1 650	3 000 ... 4 400
8V с турбонадувом	183,3	194,8	2 100	1 450 ... 1 650	3 000 ... 4 300
Дизели с воздушным охлаждением					
2Р без надува	21,1	23,5	2 200	1 500	3 100 ... 4 400
4Р без надува	44,1	46,3	2 200	1 500	3 000 ... 4 500
8V с турбонадувом	252,5	267,8	1 850	1 250 ... 1 300	2 500 ... 4 000

Примечание. 4Р — четырехцилиндровый двигатель рядного расположения цилиндров; 6V — шестичилиндровый V-образный двигатель; 8V — восьмичилиндровый V-образный двигатель.

динения кремния с его оксидом, кремния с металлом, металла со стеклом и т.д.

Высокая влажность вызывает появление конденсата, росы, смазка эмульгируется, возникают очаги коррозии металлов, ухудшаются изоляционные свойства материалов. В полупроводниковых приборах возникают электрохимические и гальванические процессы из-за адсорбции паров на поверхность материалов, сорбции паров воды материалом, контактной коррозии (разрушения металлов в присутствии электролита). Эти процессы приводят к нестабильности и деградации электрических параметров, к увеличению токов утечки по поверхности и др.

На изделия электрооборудования, хранящиеся на складах, воздействуют помимо природных факторов биологические дестабилизирующие факторы в виде микроорганизмов (плесневые грибы), насекомых (термиты и муравьи) и грызунов. Все эти воздействия приводят к изменению технического состояния изделий электрооборудования и в итоге к изменению технического состояния автомобилей и тракторов.

1.3. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Условия работы электрооборудования зависят от климатической зоны эксплуатации и места установки на автомобиле и тракторе. Приборы электрооборудования выпускаются в следующих климатических исполнениях: У (умеренный климат), ХЛ (холодный климат), О (общеклиматическое исполнение). Исполнения типа У — ХЛ, У — Т и т.д. предусматривают возможность эксплуатации электрооборудования в нескольких климатических зонах.

Электрооборудование автомобилей и тракторов должно оставаться работоспособным при эксплуатации в условиях, приведенных в табл. 1.6.

Кроме того, электрооборудование автомобиля и трактора должно сохранять работоспособность после воздействия температуры, -60°C — для исполнения ХЛ и -45°C — для исполнения У и Т при транспортировании и во время нерабочих периодов автомобиля.

Допустимые значения превышения температуры для узлов электрических машин и аппаратов длительного режима работы при температуре окружающей среды $+70^{\circ}\text{C}$ приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.6. Допустимые условия работы приборов электрооборудования			
Температурные и атмосферные условия	Климатическое исполнение прибора		
	У	ХЛ	Т
Максимальные температуры окружающей среды, °С: для приборов, устанавливаемых на двигателе и в моторном отделении для приборов, устанавливаемых в кабине или снаружи (рабочие/предельные)	70 55/65	80, 90 55/65	100 55/65
Минимальные температуры окружающей среды, °С: для приборов, устанавливаемых снаружи, в кабине или закрытом кузове, а также для приборов, которые должны работать до предпускового подогрева, (рабочие/предельные); для приборов, устанавливаемых на двигателе и в моторном отделении и включаемых только после предпускового подогрева	-45/-50 -40	-60/-60 -40	-20/-45 -20
Относительная влажность воздуха для всех приборов при температуре (40±2) °С, %	95±3	95±3	95±3
Минимальное атмосферное давление (на высоте 4 000 м над уровнем моря) , кПа	61	61	61

Таблица 1.7. Допустимые тепловые нагрузки электрических машин и аппаратов длительного режима работы					
Элементы электрических машин	Допустимые превышения температуры, °С, для классов изоляционных материалов				
	А	Е	В	Г	Н
Обмотки генераторов и электродвигателей	—	—	125	140	—
Коллекторы и контактные кольца	100	115	145	155	160
Обмотки реле различного назначения	—	—	130	145	—

Электрические машины должны выдерживать испытание на повышенную частоту вращения без нагрузки в режиме холостого хода:

- в течение 20 с — стартеры и другие электрические машины с продолжительностью работы до 2 мин;
- для остальных электрических машин и распределителей зажигания испытательная частота вращения должна быть на 20 % выше максимальной частоты вращения в режиме холостого хода, возможной в эксплуатации.

Приборы электрооборудования могут быть рассчитаны на продолжительный номинальный режим работы S1, кратковременный номинальный режим работы S2 с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 5; 10 и 30 мин и повторно-кратковременный номинальный режим продолжительностью включения 15; 25; 40 и 60 % одного цикла работы.

Степень искрения (класс коммутации) по шкале ГОСТ 183—74 должна быть не более 1,5 для электрических машин продолжительного режима работы, не более 2 — для автомобильных электрических машин повторно-кратковременного, перемежающего и кратковременного режимов работы (продолжительностью 5 мин и выше), не более 3 — для электрических машин кратковременного режима работы продолжительностью 3 мин и менее.

Приборы электрического и электронного оборудования должны работать по однопроводной схеме, в которой с корпусом автомобиля соединен отрицательный полюс системы. Допускается изготовление приборов, у которых от корпуса изолированы оба полюса.

Электрооборудование должно быть защищено от проникновения посторонних тел, пыли, грязи, брызг, воды, надежно и безотказно работать в течение требуемого срока службы. Защита от коррозии должна осуществляться лакокрасочными, гальваническими, химическими покрытиями или их сочетаниями.

Направление вращения валов приборов электрооборудования определяется следующим образом:

- для электрических машин с одним выходящим концом вала (стартер, электродвигатель, генератор, датчик спидометра) — со стороны приводного конца вала;
- для распределителей зажигания — со стороны кулачка прерывателя или со стороны бегунка;
- для электрических машин с двумя выходящими концами вала — указывается в технической документации на изделия.

Для электрических машин и аппаратов зажигания предпочтительно применяется вращение по часовой стрелке.

Изоляция обмоток и токоведущих деталей электрооборудования относительно корпуса должна выдерживать без повреждений в течение 1 мин воздействие синусоидального переменного напряжения частотой 50 Гц, действующие значения которого указаны ниже:

- для обмоток электрических машин и аппаратов, токоведущих деталей этих изделий, обмоток контрольно-измерительных приборов и их датчиков, токоведущих деталей коммутационной аппаратуры, работающих в главных цепях или в цепях, содержащих индуктивность, элементов цепей низкого напряжения аппаратов зажигания, звуковых сигналов — 550 В;
- для обмоток и токоведущих деталей электродвигателей с электромагнитным возбуждением — 250 В;
- для токоведущих деталей коммутационной аппаратуры, осветительных и светосигнальных приборов — 220 В;
- для токоведущих деталей и элементов цепей высокого напряжения аппаратов зажигания — 22 000 В.

Для снижения уровня радиопомех применяют помехоподавляющие устройства:

- незранированные или экранированные наконечники искровых свечей зажигания;
- высоковольтные провода с распределенным сопротивлением;
- фильтры радиопомех;
- помехоподавляющие резисторы в роторах распределителей или в искровых свечах зажигания.

Номинальные параметры приборов автомобильного электрооборудования (мощность, сила тока, напряжение и т. д.) устанавливаются при нормальных климатических факторах внешней среды:

- температура окружающего воздуха $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление 84 ... 107 кПа (630 ... 800 мм рт. ст.);
- относительная влажность 45 ... 80 %.

Значения номинального напряжения потребителей электроэнергии принимаются из ряда 6; 12; 24; 36* В (в зависимости от но-

минального напряжения аккумуляторной батареи), а генераторов — 7, 14, 28, 42* В.

Номинальные значения параметров для источников тока и потребителей электроэнергии, работающих только при движении автомобиля, устанавливают при напряжениях 6,7; 13,5; 27 или 48* В. Потребители электроэнергии, работающие при движении автомобиля, должны быть работоспособными при изменении подводимого напряжения в диапазоне 90...125 % от установленного для них номинального значения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков температурный диапазон работы электрооборудования?
2. Какие механические нагрузки прилагаются к приборам электрооборудования автомобилей и тракторов?
3. Какие перенапряжения возникают при аномальных режимах работы электрооборудования?
4. Перечислите категории условий эксплуатации автомобильного транспорта.
5. Как влияет температурный режим на приборы электроники?
6. Каковы конструктивные исполнения приборов электрооборудования?
7. Что означают номинальные параметры?
8. Какие климатические исполнения приборов электрооборудования применяют на производстве?
9. Каковы конструктивные меры по защите от радиопомех?

* Предполагается переход на это напряжение после проведения комплекса исследований.

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

2.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Аккумуляторная батарея обеспечивает электроснабжение стартера при пуске двигателя и других потребителей электроэнергии при неработающем генераторе или его недостаточной мощности. Особенности стартерного режима работы выделяют автомобильные аккумуляторные батареи в особый класс стартерных батарей. Высокая электродвижущая сила и малое внутреннее сопротивление обусловили широкое применение на автомобилях и тракторах стартерных свинцовых аккумуляторных батарей.

Аккумулятор является устройством превращения химической энергии окислительно-восстановительных реакций в электрическую энергию. Активными веществами заряженного аккумулятора для токообразующих процессов выступают оксид свинца PbO_2 темно-коричневого цвета на положительном электроде, губчатый свинец Pb серого цвета на отрицательном электроде и электролит, состоящий из водного раствора серной кислоты H_2SO_4 . Часть серной кислоты диссоциирована на положительные ионы водорода H^+ и отрицательные ионы кислотного остатка SO_4^{--} .

Электрохимические процессы *при разряде аккумулятора* заключаются в частичном растворении свинца отрицательного электрода в электролите с выделением в него положительных ионов двухвалентного свинца Pb^{++} . При этом на электроде остаются избыточные электроны, сообщаящие ему отрицательный заряд и движущиеся в направлении положительного электрода.

Положительные ионы двухвалентного свинца Pb^{++} вступают в реакцию с отрицательными сульфатными ионами SO_4^- и образуют сульфат свинца $PbSO_4$, который из-за незначительной раствори-

мости в электролите осаждается на поверхности отрицательного электрода.

При заряде аккумулятора под влиянием напряжения источника постоянного тока устанавливается направление движения электронов к отрицательному электроду. Двухвалентные ионы свинца Pb^{2+} у отрицательного электрода нейтрализуются поступившими двумя электронами, превращая активную массу отрицательного электрода в губчатый свинец Pb . Отрицательные сульфатные ионы SO_4^{2-} и положительные ионы водорода H^+ образуют серную кислоту H_2SO_4 . При этом плотность электролита постепенно повышается от 1,96...1,14 до 1,22...1,30 г/см³ после окончания заряда, когда происходит разложение воды на водород и кислород, что вызывает «кипение» электролита.

При разряде и заряде аккумулятор отдает во внешнюю электрическую цепь или получает от зарядного устройства определенное количество электричества.

Количество электричества, отдаваемое потребителям в пределах допустимого разряда, называют *разрядной емкостью*. При постоянной силе тока разрядная емкость $C_p = i_p \tau_p$, а зарядная емкость $C_z = i_z \tau_z$, где i_p и i_z — сила тока разряда и заряда соответственно, а τ_p и τ_z — продолжительность разряда и заряда аккумуляторной батареи.

Разрядная емкость зависит от количества заложенных в аккумуляторе активных материалов и степени их использования. Количество активных материалов даже при номинальных разрядных токах в 2—3 раза превышает теоретически необходимое. Полное использование активных материалов батареи невозможно, так как снижение плотности электролита и напряжения батареи происходит раньше, чем израсходуются активные материалы электродов и серной кислоты электролита в аккумуляторе.

При длительном режиме разряда свинцовых аккумуляторных батарей в течение 20...50 ч расход активных веществ составляет 59...60 %, а при коротких стартерных разрядах — 5...10 %.

Емкость аккумулятора определяется суммарной емкостью электродов. Разрядная емкость зависит от условий разряда, поэтому номинальной емкостью свинцовых аккумуляторных батарей, которая гарантируется заводом-изготовителем, считается емкость батареи после 20-часового режима разряда (C_{20}). Разряд батарей при испытании на емкость батареи в 20-часовом режиме разряда проводят непрерывно током силой $i_p = 0,05C_{20}$ до конечного разрядного напряжения на клеммах 5,25 В у 6-вольтовой и 10,5 В у 12-вольтовой батареи при температуре электролита 18...27 °С.

Для эксплуатации важным показателем является *резервная емкость* батареи. Этот показатель позволяет оценить способность аккумуляторной батареи обеспечить работоспособность электрических потребителей на транспортном средстве в случае выхода из строя генераторной установки. Резервная емкость определяется при разряде силой тока величиной порядка 25 А, складываемой из токов, потребляемых системами зажигания и освещения, стеклоочистителем и контрольно-измерительными приборами в режиме движения «Зима, ночь».

Стартерные аккумуляторные батареи также оценивают по силе тока холодной прокрутки — максимальном разрядном токе, который обеспечивает батарея при температуре -18 и -29 °С в течение 30 с, сохраняя напряжение не менее 1,2 В на каждом аккумуляторе или 7,2 В в случае 12-вольтовой батареи. Показатель *ток холодной прокрутки* упрощает подбор аккумуляторной батареи на стадии проектирования.

Основные параметры аккумуляторных батарей:

- энергия, отдаваемая в течение некоторого времени разряда,

$$W_p = U_{p\text{ ср}} i_p \tau_p,$$

где $U_{p\text{ ср}}$, i_p , τ_p — средние значения разрядного напряжения, силы тока и времени разряда соответственно;

- энергия заряда батареи

$$W_3 = U_{3\text{ ср}} i_3 \tau_3,$$

где $U_{3\text{ ср}}$, i_3 , τ_3 — средние значения зарядного напряжения, силы тока и времени заряда соответственно;

- коэффициент отдачи по емкости $\eta_c = \frac{C_p}{C_3}$ и энергии

$$\eta_w = \frac{W_p}{W_3};$$

- удельная материалоемкость аккумуляторной батареи при 20-часовом разряде

$$q_{20} = \frac{m_a \cdot 10^3}{C_{20} U_{\text{ном}}},$$

где m_a — масса свинца и активных материалов по конструкторской документации; C_{20} — номинальная емкость, А·ч; $U_{\text{ном}}$ — номинальное напряжение, В;

- удельная материалоемкость аккумуляторной батареи в стартерном режиме

$$q_c = \frac{60m_a}{i_p \tau_p \cdot 0,95U_{30}},$$

где m_a — масса свинца и активных материалов; i_p — сила тока разряда; U_{30} — напряжение на 30-й секунде стартерного режима, В; 0,95 — коэффициент среднего напряжения стартерного режима разряда.

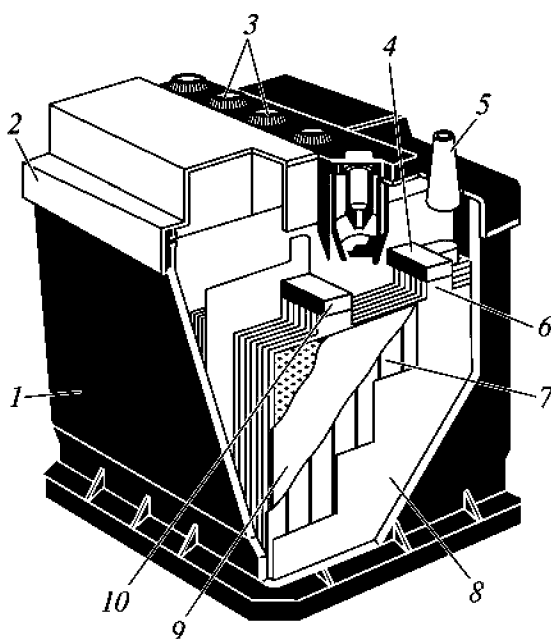
Из-за сравнительно большого внутреннего сопротивления и его резкого увеличения при низких температурах (увеличения разрядного тока) на транспортных средствах и тракторах используют аккумуляторные батареи с энергией в 20-часовом режиме разряда в сотни раз превышающей энергию, необходимую для осуществления надежного пуска двигателя.

2.2. КОНСТРУКЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Свинцовая стартерная аккумуляторная батарея с последовательно соединенными аккумуляторами состоит из собранных в полублоки положительных и отрицательных электродов (решеток с обмазкой), сепараторов, корпуса (моноблока), крышки с пробками, полюсных выводов (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Конструкция аккумуляторной батареи с межэлементными переключками под крышкой (через перегородки моноблока):

1 — корпус-моноблок; 2 — крышка; 3 — пробки; 4 — мостик полублока положительных электродов; 5 — полюсный вывод; 6 — ушко положительного электрода; 7 — сепаратор; 8 — положительный электрод; 9 — отрицательный электрод; 10 — мостик полублока отрицательных электродов



Решетки (токоотводы) электродов 8, 9 намазного типа отливают из свинцово-сурьмянистого сплава, содержащего 7...8 % сурьмы Sb и 0,1...0,2 % мышьяка As. Этот сплав обладает хорошими литейными свойствами, более высокой прочностью и коррозионной стойкостью, чем свинец.

Решетки электродов выполняют функции подвода тока к активному веществу и механически удерживают ток в решетке. Решетки электродов имеют форму рамки с вертикальными ребрами и горизонтальными жилами, ушки для приварки к мостикам 4, 10 и две опорные ножки (кроме решеток отрицательных электродов малообслуживаемых батарей). Решетки полублока отрицательных электродов 9 имеют меньшую толщину, так как они в меньшей степени подвержены деформации и коррозии. Масса решетки составляет до 50 % массы электрода.

Ячейки решеток электродов заполнены активной массой. В полностью заряженном свинцовом аккумуляторе активной массой положительных электродов является диоксид свинца PbO_2 темно-коричневого цвета, а отрицательных — губчатый свинец Pb серого цвета. Электроды, близкие к квадратной форме, обеспечивают равномерное распределение тока по всей массе активных материалов.

Электроды разной полярности с помощью мостиков объединены в полублоки, которые вместе с сепараторами 7 собраны в блоки. Мостик создает необходимый зазор между параллельно соединенными электродами. Число электродов в полублоках определяет номинальную емкость аккумуляторной батареи. Для предотвращения значительной деформации положительные электроды расположены между отрицательными электродами. У крайних электродов блока работает одна сторона, поэтому они имеют меньшую толщину. Электроды в блоках разделены сепараторами из кислотостойких материалов.

Сепараторы 7 предотвращают короткое замыкание между электродами разной полярности и выполнены из мипора и мипласта. Мипор — микропористый эбонит, изготовленный из натурального каучука, обладает высокой объемной пористостью при малом диаметре пор и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к электрическому сопротивлению, извилистости пор и сопротивлению разрыва.

Мипласт из полихлорвиниловой смолы быстро пропитывается электролитом, обладает низким электрическим сопротивлением, достаточной механической прочностью и высокой химической стойкостью. По сравнению с мипором мипласт имеет меньшую

пористость и бóльший диаметр пор. Он менее стоек к образованию токопроводящих мостиков между электродами. Срок службы аккумуляторных батарей с сепараторами из мипласта меньше.

Перспективными являются пленочные сепараторы и сепараторы-конверты. В необслуживаемой аккумуляторной батарее номинальной емкостью 55 А·ч отрицательные электроды размещены в сепараторах-конвертах, образуемых двумя сваренными между собой пластиковыми сепараторами.

Моноблок 1 (см. рис. 2.1) стартерной аккумуляторной батареи представляет собой корпус, разделенный перегородками на отдельные ячейки по числу аккумуляторов в батарее. Тяжелые и хрупкие моноблоки из эбонита в настоящее время заменяют моноблоками из термопласта (наполненного полиэтилена), полипропилена и полистирола.

У необслуживаемых и малообслуживаемых батарей применение для изготовления решеток электродов малосурьмянистого (сурьмы Sb не более 2 %) и бессурьмянистого свинцово-кальциево-оловянистого сплава снижает в 15—17 раз потери воды в электролите при различных температурах и напряжениях. В результате облегчается утепление и обогрев батарей в зимнее время и уровень электролита в батарее проверяется не чаще одного раза в год.

Интенсивность выделения газов возрастает с повышением температуры, напряжения заряда и по мере старения батареи.

Снижение выделения газов и улучшение механических свойств решеток из свинцово-кальциевых сплавов достигается добавлением 1,5 % кадмия Cd. Кроме того, в результате специальных добавок обеспечена мелкокристаллическая структура свинцово-сурьмянистого сплава, что уменьшает коррозию электродов и повышает срок службы батареи примерно на 30 %.

Сепараторы-конверты необслуживаемых аккумуляторных батарей позволяют устанавливать блоки электродов непосредственно на дно корпусов без призм и пространства для шлама между ними. В этом случае при той же высоте батареи более чем в 2 раза увеличивается высота слоя электролита над электродами в ячейках моноблока, а следовательно, период между двумя доливками электролита.

Крышки могут закрывать отдельные аккумуляторные ячейки или весь моноблок. Отдельные крышки в местах стыка и их краев со стенками ячеек моноблока герметизируют заливочной мастикой. Мастика должна быть эластичной, химически стойкой и иметь низкую температуру плавления, что облегчает ремонт батареи

в эксплуатации. Единую крышку 2 (см. рис. 2.1) из пластмассы приваривают или приклеивают к моноблоку 1.

Общая крышка, особенно из термопластичных материалов облегчает обслуживание батареи при эксплуатации. Конструкция некоторых крышек из полипропилена обеспечивает централизованную заливку электролита в аккумуляторную батарею и общий вывод газов. При наличии общей крышки можно устанавливать блок пробок в нескольких заливочных отверстиях. Блок пробок может быть выполнен в виде пластмассовой планки, в которую вставлено необходимое число пробок без резьбы. Пробки 3 могут перемещаться в планке для центрирования их с заливочными отверстиями. В некоторых конструкциях пробки выполняют как единое целое с планкой.

Межэлементные перемычки из свинцово-сурьмянистого сплава устанавливают снаружи над крышкой, над перегородкой под крышкой или пропускают через отверстие в перегородке. Укороченные межэлементные перемычки через перегородки полиэтиленовых и полипропиленовых моноблоков позволяют уменьшить внутреннее сопротивление батареи и расход свинцового сплава. Стартерные аккумуляторные батареи с общими крышками и внутренними межэлементными перемычками становятся неремонтопригодными.

Конусные полюсные выводы 5 приварены к выводным борнам крайних аккумуляторов. Размеры выводов стандартизованы. Диаметр конуса у основания положительного вывода на 2 мм больше, чем у основания отрицательного. Этим исключается вероятность неправильного включения батареи в систему электрооборудования. Некоторые аккумуляторные батареи имеют полюсные выводы с отверстиями под болты.

В зависимости от конструктивно-функционального признака аккумуляторные батареи могут быть обычной конструкции — в моноблоке с ячеечными крышками и перемычками над крышками; с общей крышкой — в моноблоке с общей крышкой и перемычками под крышкой; малообслуживаемые — с общей крышкой, не требующие ухода в эксплуатации.

Необслуживаемые батареи выпускают заряженными с электролитом или сухозаряженными без электролита. Исполнение необслуживаемых батарей может быть герметичным без заливочных отверстий. В этом случае степень разряженности батареи нельзя определить по плотности электролита. Поэтому на герметичные необслуживаемые аккумуляторные батареи устанавливают индикаторы заряженности. При уменьшении степени заря-

женности ниже определенного уровня изменяется цвет видимого пятна индикатора.

Маркировка стартерных аккумуляторных батарей включает в себя товарный знак предприятия-изготовителя; тип батареи; дату выпуска; обозначение стандарта или технических условий на батарею конкретного типа. В обозначении типа батареи (например, 6СТ-55 АЗ) содержится информация о числе последовательно соединенных аккумуляторов в батарее (6 или 12), характеризующих ее номинальное напряжение (12 или 24 В); о функциональном признаке (СТ — стартерная); о номинальной емкости C_{20} , А·ч, и исполнении (при необходимости): А — с общей крышкой; Н — несухозаряженная; З — необслуживаемая, залитая электролитом и полностью заряженная батарея. В обозначении некоторых еще применяемых батарей буквы Э и Т после значения номинальной емкости соответствуют материалу моноблока (эбонит и термопласт). Последующие буквы обозначают материал сепаратора (М — мипласт, Р — мипор).

В табл. 2.1 представлены технические характеристики основных типов батарей и области их применения.

Вольт-амперные характеристики (ВАХ), или разрядные характеристики аккумуляторной батареи (рис. 2.2), представляют собой экспериментальные зависимости напряжения батареи от тока нагрузки и предназначены для контроля электрических характеристик новых, модернизируемых типов батарей, а также в случае изменения технологии их производства. К таким характеристикам относятся средние характеристики, полученные по результатам испытаний не менее 20 батарей.

Вольт-амперная характеристика описывается уравнением

$$U_p = U_0 \left(1 - \frac{I_p}{I_k} \right),$$

где U_p — напряжение разряда батареи, В; U_0 — начальное напряжение батареи перед разрядом, В; I_p — сила тока разряда, А; I_k — сила тока короткого замыкания батареи, А.

Для определения ВАХ применяют батареи, имеющие зарядную емкость C_{20} не менее номинальной емкости батареи.

Техническое обслуживание аккумуляторных батарей заключается в приведении их в рабочее состояние, уходу в эксплуатации и при хранении.

Перед приведением батарей в рабочее состояние необходимо залить в нее электролит (табл. 2.2), который различается по плотности в зависимости от климатических зон и конструкций батарей.

Таблица 2.1. Технические характеристики основных типов аккумуляторных батарей и области их применения								
Тип батареи	Сила тока, А, при 20-часовом разряде	Сила тока, А, стартерного разряда при -18 °С	Напряжение стартерного разряда, В, после 30 с разряда при -18 °С	Время разряда, мин, до критического напряжения	Удельная энергия, Вт·ч/кг, при 20-часовом разряде	Удельная энергия, Вт·ч/кг, при стартерном разряде при -18 °С	Область применения	
3СТ-150 ЭМ	7,5	450	4,2	3,0	33,0	3,3	Тракторы, автобусы	
3СТ-155	7,8	465	4,5	4,5	32,3	5,2	То же	
3СТ-215	10,8	645	4,2	3,0	31,1	3,1	Тракторы МТЗ и ЮМЗ с прямым пуском	
3СТ-215 А	10,8	645	4,4	3,5	38,0	4,9	То же	
6СТ-50 ЭМ	2,5	150	8,4	3,0	28,8	2,9	Тракторы с каскадной системой пуска	
6СТ-55 ЭМ	2,8	200	9,0	2,7	31,4	3,8	Автомобили «Мо-сквич», ИЖ, ВАЗ	
6СТ-60 ЭМ	3,0	180	8,4	2,5	41,0	5,6	Автомобили ГАЗ, УАЗ, РАФ, ЕрАЗ, ЗИЛ	
6СТ-66 А*	3,3	300	9,0	2,5	41,7	5,6	Легковые автомобили ГАЗ	
6СТ-75 ЭМ	3,8	225	8,4	3,0	30,0	3,0	ГАЗ-24, -3102, -52, -53; УАЗ-451, -469; ПАЗ	
6СТ-75 ТМ	3,8	225	8,4	3,0	32,0	3,2		
6СТ-75 А	3,8	225	8,6	3,5	35,4	4,2		

6СТ-77 А*	3,9	350	9,0	2,5	41,8	5,6	Грузовые автомобили ГАЗ с бензиновым двигателем
6СТ-90 А	4,5	270	8,4	3,0	30,9	3,1	Грузовые автомобили ЗИЛ, «Урал»; автобусы ЛиАЗ, КАЗ
6СТ-110 А*	5,5	470	9,0	2,5	40,6	5,2	ГАЗ-4509 с дизелем
6СТ-132	6,6	396	8,4	3,0	31,8	3,2	МАЗ-529; КрАЗ-214, -219, -221, -222; БелАЗ; ЛиАЗ-5226; тракторы К-700, Т-220, -330
6СТ-190 ТМ	9,5	570	8,7	3,3	32,3	3,7	ЗИЛ-133ГЯ, -4331; «Урал-44201» и др.; КамАЗ, МАЗ, БелАЗ

* Необслуживаемые батареи.

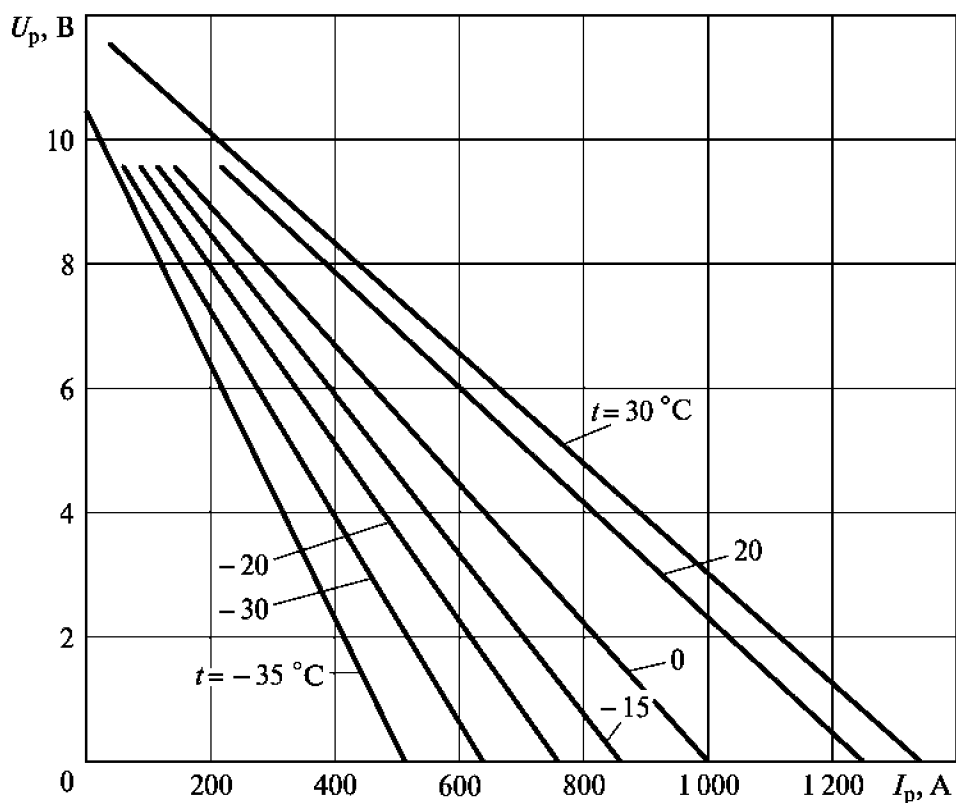


Рис. 2.2. Зависимость напряжения на клеммах аккумуляторной батареи U_p от температуры электролита и разрядного тока:
 I_p — ток разряда; t — температура окружающей среды

Таблица 2.2. Плотность электролита аккумуляторной батареи				
Климатические зоны и среднемесячные температуры в январе, °C	Время года	Плотность электролита, г/см ³ , при температуре 25 °C для батарей		
		малообслуживаемых (заряженных)	обычного типа	
			при заливке	заряженных
Очень холодная: от -50 до -30	Зима	1,30	1,28	1,30
	Лето	1,28	1,26	1,28
Холодная: от -30 до -15	Круглый год	1,28	1,26	1,28
Умеренная: от -15 до -8	То же	1,28	1,24	1,26
Теплая влажная: от 0 до 4	»	1,23	1,21	1,23
Жаркая сухая: от -15 до 4	»	1,23	1,21	1,23

Таблица 2.3. Содержание серной кислоты плотностью 1,83 г/см³ и воды в 1 л электролита

Требуемая плотность электролита, г/см ³ , при температуре 25 °С	Объем компонентов, л		Требуемая плотность электролита, г/см ³ , при температуре 25 °С	Объем компонентов, л	
	Вода	Серная кислота		Вода	Серная кислота
1,20	0,859	0,200	1,26	0,800	0,263
1,21	0,849	0,211	1,28	0,781	0,285
1,22	0,839	0,221	1,30	0,761	0,306
1,23	0,829	0,231	1,40	0,650	0,423
1,24	0,819	0,242			

Для получения электролита требуемой плотности руководствуются следующими пропорциями при температуре 25 °С (табл. 2.3). Если температура выше 25 °С, то плотность электролита уменьшают на 0,0007 г/см³ на 1 °С, а при понижении — увеличивают на 0,0007 г/см³. После заливки электролита производят заряд батареи в режиме постоянного тока в пределах от 2,75 до 10,7 А в зависимости от номинальной емкости при 20-часовом разряде. При достижении напряжения не менее 2,4 В на каждом аккумуляторе — 14,4 В для 12-вольтовой аккумуляторной батареи с общей крышкой, величина силы тока заряда должна быть уменьшена на 50 % от первоначальной и заряд продолжен до полной заряженности батареи. Конец заряда характеризуется постоянством напряжения и плотности электролита в течение 2 ч и обильным газовыделением во всех аккумуляторах. В конце заряда производят корректирование плотности электролита в соответствии с данными табл. 2.3.

После приведения батареи в рабочее состояние, ее устанавливают на транспортное средство и эксплуатируют в соответствии с правилами, которые заключаются в следующем:

- свинцовые батареи обычного типа требуют проверки уровня электролита при техническом обслуживании не реже 1 раза в две недели и при необходимости доливки дистиллированной воды до уровня, пока зеркало электролита не коснется нижнего торца тубуса горловины или (при отсутствии тубуса) не станет выше предохранительного щитка на 10... 15 мм;

- проверяют надежность крепления батареи в месте установки и плотность контакта наконечников проводов с выводами батареи. Наконечники проводов после их монтажа на полюсные выводы смазывают техническим вазелином ВТВ-1 или Литолом-24;
- не реже 1 раза в две недели производят очистку поверхности батареи от пыли и грязи, а также прочищают вентиляционные отверстия в пробках батареи. Удаляют образовавшийся токопроводящий слой влажной пыли протиркой поверхности батареи раствором аммиака или кальцинированной соды (10%-ный раствор);
- с периодичностью 1 раз в квартал или при участившихся случаях ненадежного запуска двигателя проверяют степень разряженности батареи по плотности электролита денсиметром. По полученным значениям плотности определяют степень разряженности (по сравнению с первоначальным значением);
- снимают с эксплуатации на подзарядку батарею, разряженную более чем на 25 % зимой и на 50 % летом. Иногда степень разряженности проверяют нагрузочной вилкой в течение 5 с. Полностью заряженный аккумулятор батареи покажет 1,7 В и выше, разряженный на 25 % — 1,6...1,7 В, на 50 % — 1,5...1,6 В и на 75 % — 1,4...1,5 В;
- режим заряда батареи контролируют периодической проверкой (при ТО-2) напряжения генераторной установки.

2.3. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Основные причины возникновения неисправностей батареи в процессе эксплуатации, способы их диагностирования и устранения приведены в табл. 2.4.

Техническое состояние батареи определяют с помощью аккумуляторных пробников типа Э107 и Э108. Напряжение под нагрузкой пробника в конце пятисекундного интервала у батарей с общей крышкой должно быть более 8,9 В, а у батареи с открытыми межэлектродными перемычками — более 1,8 В у отдельного аккумулятора.

Таблица 2.4. Причины возникновения неисправностей аккумуляторных батарей, способы их диагностирования и устранения			
Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности	
Аккумуляторная батарея быстро разряжается и не обеспечивает достаточной частоты вращения коленчатого вала двигателя стартером при пуске			
Длительное включение электрических потребителей при неработающем или при работающем двигателе на малой частоте вращения коленчатого вала	Признаком разряда является слабое свечение фар головного освещения (работают в «полнакала»). Проверяют заряженность батареи и при необходимости подзаряжают	Стараться не включать на длительное время электрические потребители при неработающем двигателе	
Ускоренный саморазряд из-за замыкания выводов аккумулятора токопроводящей грязью или электролитом по поверхности крышки	Проверяют, находится ли на поверхности крышки аккумуляторной батареи грязь, а стрелка вольтметра на щитке приборов в «белой» зоне, в случае амперметра — он показывает разряд	Очищают поверхность аккумуляторных батарей 10%-ным раствором нашатырного спирта или кальцинированной соды	
Ускоренный саморазряд из-за разрыва или «прорастания» сепараторов, замыкания электродов плафом при выпадении активной массы аккумуляторной батареи	Определяют вольтметром величину ЭДС батареи. Если ЭДС имеет низкое значение при нормальной плотности электролита, то аккумуляторная батарея неисправна	Ремонтируют аккумулятор с заменой разрушенных сепараторов и удалением шлама	
Ускоренный саморазряд аккумуляторной батареи из-за применения грязной воды или электролита	Проверяют, не находится ли стрелка вольтметра или амперметра в зоне разряда	Разряжают аккумуляторную батарею током десятичасового разряда до 1,1 ... 1,2 В на аккумуляторе, электролит удаляют,	

Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
		батарею промывают, заливают новый электролит и заряжают до нормы
Сульфатация электродов из-за длительного хранения аккумуляторной батареи, эксплуатация батареи при низкой заряженности и с пониженным уровнем электролита	Сульфатацию определяют по высокому напряжению в начале заряда, преждевременному газовыделению при незначительном увеличении плотности электролита в процессе заряда или по повышению температуры и понижению напряжения в конце заряда	Электролит удаляют, заливают новый плотностью 1,145 г/см ³ , заряжают аккумуляторную батарею силой тока 0,05C ₂₀ к концу заряда доводят плотность электролита до нормы. Если эти меры не помогут, аккумулятор ремонтируют
Окисление выводов аккумуляторной батареи и окончечников вследствие неплотного крепления в местах соединений	Определяют по наличию белого налета в местах соединений клемм и окончечников	Зачищают с удалением белого налета, закрепляют и называют выводы батареи и окончечники техническим вазелином
Короткие замыкания в цепях электрических потребителей	Выключают все потребители и отсоединяют от аккумуляторной батареи провод «масса». Затем касаются этим проводом до «-» батареи. Наличие искры свидетельствует о коротком замыкании, которое обнаруживают последовательной проверкой цепей тестером или мультиметром	Устраняют обнаруженное место короткого замыкания до полной изоляции

Неисправен один или несколько аккумуляторов	Измеряют емкость батареи, которая будет меньше нормальной. При этом напряжение под нагрузкой быстро снижается	Меняют аккумуляторную батарею на исправную
Неисправна генераторная установка	Напряжение на выходе генераторной установки ниже нормы	Ремонтируют генераторную установку
<i>Быстрое снижение уровня электролита</i>		
Поврежден моноблок батареи	Обнаруживают трещины моноблока	Ремонтируют моноблок батареи или меняют
Перезаряд аккумулятора из-за повышенного зарядного напряжения от генератора	Измеряют напряжение на выходе генераторной установки, которое будет выше нормы	Ремонтируют или меняют регулятор напряжения или генератор
Неплотно завернуты пробки	Проверяют затяжку пробок	Устраняют дефект
<i>Выпескивание электролита через вентиляционные отверстия в пробках батареи</i>		
Повышенный зарядный ток	Проверяют исправность генераторной установки	Ремонтируют регулятор напряжения или заменяют его на новый
Короткое замыкание электродов аккумуляторной батареи разной полярности	Отсутствует напряжение на неисправном аккумуляторе	Ремонтируют аккумуляторную батарею
<i>Аккумуляторная батарея не заряжается</i>		
Обрыв в цепи генераторной установки — батарея	Проверяют вольтметром напряжение на выходе генератора, обрывы определяют тестером	Найденный обрыв устраняют

Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
Разрушение активной массы электродов	Измеряют ЭДС батареи. При нормальной плотности электролита она будет мала при слабом газовыделении при заряде	Ремонтируют аккумуляторную батарею
<i>Стрелка вольтметра находится в «красной» зоне, амперметр показывает большой зарядный ток при нормальном уровне регулируемого напряжения</i>		
Короткое замыкание электродов аккумуляторной батареи разной полярности	Измеряют напряжение на исправном аккумуляторе (оно равно нулю)	Ремонтируют аккумуляторную батарею

П р и м е ч а н и е. ЭДС — электродвижущая сила.

Заряд батареи можно осуществлять двумя методами: при постоянной силе тока и при постоянном напряжении зарядного источника. Режим заряда при неизменной силе тока может быть одно- или двухступенчатым. Сила тока при одноступенчатом 20-часовом режиме заряда составляет $0,05C_{20}$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков принцип работы аккумулятора?
2. Каковы основные параметры аккумуляторных батарей?
3. Каковы основные элементы аккумуляторной батареи?
4. Как маркируются аккумуляторные батареи?
5. Поясните вольт-амперную характеристику аккумулятора.
6. Чем отличается необслуживаемая батарея от обычной?
7. Поясните особенности моноблочной конструкции корпуса батареи.
8. Какие материалы сепараторов наиболее перспективны?
9. Как отличаются сухозаряженные батареи от незаряженных батарей?
10. Какие факторы влияют на величину плотности электролита аккумулятора?
11. Как диагностируют аккумулятор?
12. Какие неисправности батареи встречаются в эксплуатации?
13. Каковы правила эксплуатации батареи?
14. Расскажите о правилах зарядки аккумуляторной батареи.

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПУСКА ДВИГАТЕЛЯ

3.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПУСКА

Пуск двигателя внутреннего сгорания — это процесс организации вращения коленчатого вала стартером до возникновения в камере сгорания рабочего процесса сгорания топливовоздушной смеси. Пуск производят в любых условиях эксплуатации автомобиля и трактора, поэтому он должен быть надежным. Особенно сложен пуск двигателя зимой при безгаражном хранении автомобиля. При длительной стоянке в таких условиях двигатель охлаждается до температуры окружающего воздуха, вязкость моторного масла повышается и от пускового устройства требуется большая мощность для вращения коленчатого вала. При низкой окружающей температуре ухудшаются качество смесеобразования и эффективность сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах.

Двигатель внутреннего сгорания начинает работать при относительно высокой частоте вращения коленчатого вала, что необходимо для подготовки горючей смеси, способной воспламениться от электрической искры (или способной к самовоспламенению в дизеле). Пуск дизелей сложнее вследствие малой продолжительности образования горючей смеси и отсутствия принудительного зажигания. При пуске дизеля следует обеспечивать оптимальное опережение подачи топлива при одновременном увеличении его количества за цикл.

Пусковые качества автомобильного двигателя оценивают по минимальной пусковой частоте вращения $n_{\min}$ коленчатого вала и среднему моменту сопротивления прокручиванию M_c . При минимальной пусковой частоте вращения коленчатого вала пуск двигателя в заданных условиях должен происходить за две попытки

продолжительностью по 10 с для карбюраторных двигателей, для дизелей — по 15 с с перерывами между попытками в 1 мин.

Величина $n_{\min}$ зависит от температуры окружающей среды t , сорта моторного масла, числа цилиндров двигателя и определяется по зависимостям времени $\tau_{\text{п}}$ пуска от средней частоты вращения n коленчатого вала. Для карбюраторных двигателей $n_{\min} = 40 \dots 70 \text{ мин}^{-1}$, для дизелей $n_{\min} = 50 \dots 125 \text{ мин}^{-1}$. Минимальная пусковая частота вращения коленчатого вала двигателя меньше при использовании устройств или средств, облегчающих пуск холодного двигателя: электрических свечей накаливания; электрических свечей и электрофакельных подогревателей воздуха, устанавливаемых во впускном трубопроводе; пусковых жидкостей.

Вращая коленчатый вал двигателя, стартер преодолевает момент сопротивления прокручиванию M_c , который зависит от вязкости моторного масла, частоты вращения коленчатого вала, числа и рабочего объема цилиндров двигателя. Минимальная пусковая частота вращения $n_{\min}$ и соответствующий ей момент сопротивления M_c определяют необходимую пусковую мощность. От средней частоты вращения и требуемого количества оборотов вала зависят время пуска и затраты энергии на его осуществление.

Принцип работы стартера заключается в том, что он преобразует электроэнергию аккумуляторной батареи в механическую. Из-за внутреннего падения напряжения в батарее напряжение на выводах стартера уменьшается с увеличением нагрузки и силы потребляемого тока. Сила тока может достигать нескольких сотен ампер, поэтому большое влияние оказывает падение напряжения в стартерной цепи.

Свойства стартеров оценивают по рабочим и механическим характеристикам. Характеристики стартерных электродвигателей зависят от емкости и технического состояния стартерной батареи. Рабочие характеристики — это зависимости напряжения на зажимах стартера U_2 , полезной мощности P_2 на валу, полезного вращающего момента M_2 , частоты вращения n якоря и КПД стартерного электродвигателя η от силы тока якоря I_a . Рабочие характеристики стартера мощностью 1,7 кВт и напряжением 24 В приведены на рис. 3.1.

Механические характеристики стартера (рис. 3.2) — это зависимости полезного вращающего момента на валу якоря M_2 от частоты вращения n и окружающей температуры t .

При вращении якоря в его обмотке индуцируется ЭДС $E_{\text{я}} = c_e n \Phi$, где c_e — постоянная электрической машины, не зависящая от режима ее работы; n — частота вращения якоря; Φ — магнит-

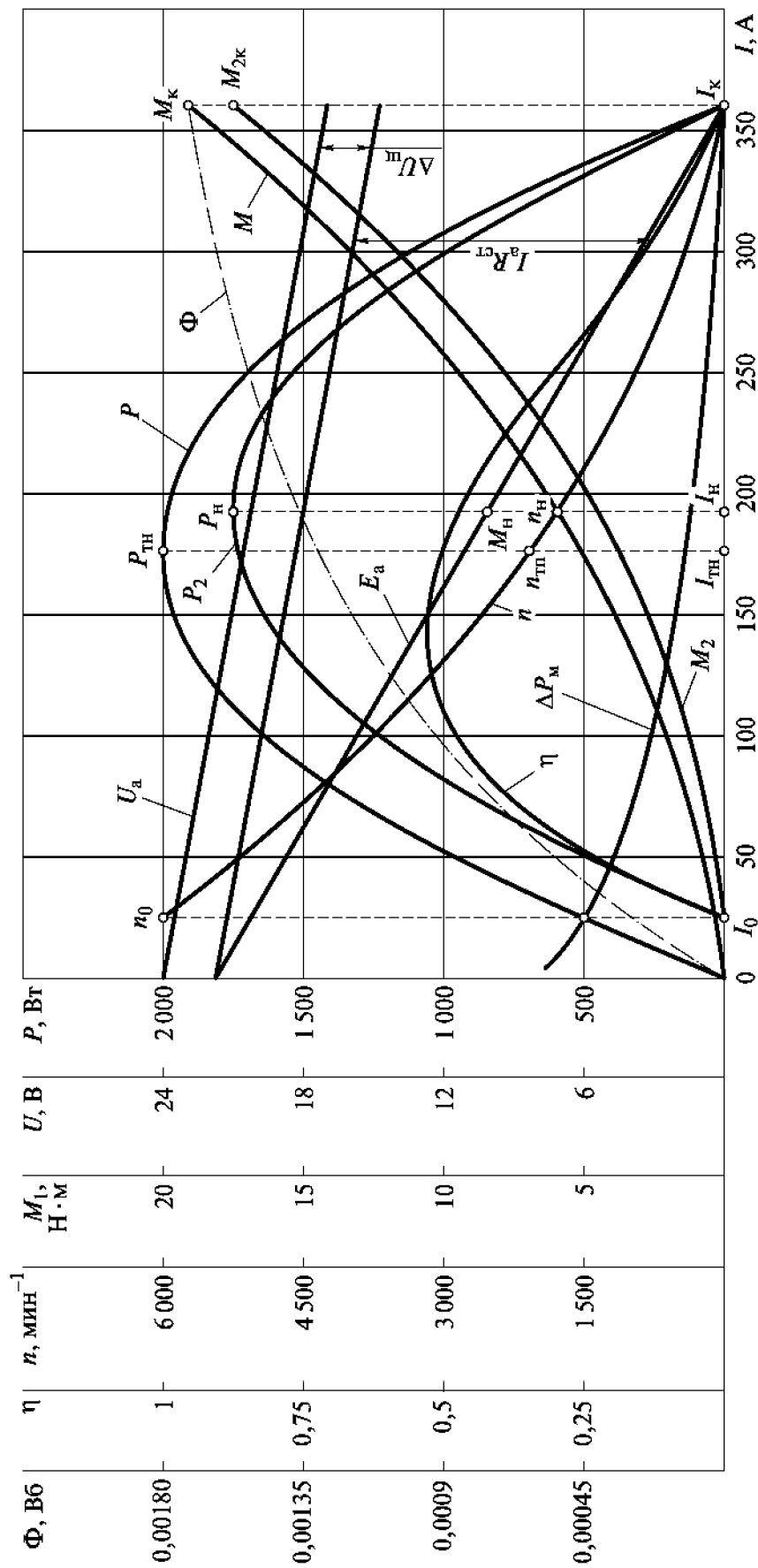
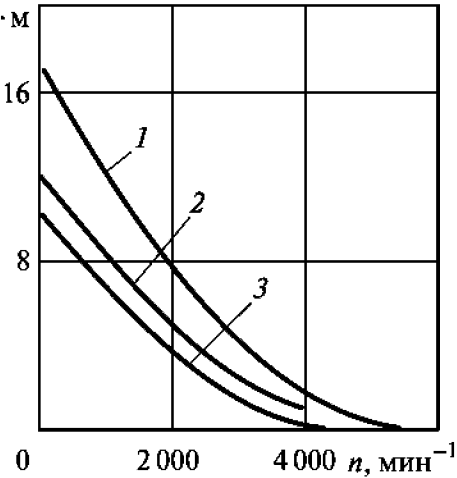


Рис. 3.1. Рабочие характеристики стартера мощностью 1,7 кВт и напряжением 24 В:

E_s — ЭДС в обмотке якоря; I_k — максимальная сила тока в режиме полного торможения якоря; I_0 — сила тока в режиме холостого хода; $I_{g_{ст}}$ — падение напряжения в стартерной цепи; $I_{тн} = I_k/2$ — сила тока в режиме максимальной электромагнитной мощности; M_1 — крутящий момент на валу стартера; U_a — напряжение на клеммах стартера; M_k — электромагнитный вращающий момент; $M_{2к}$ — полезный момент в режиме полного торможения якоря; M_2 — вращающий момент; $n_0, n_{тн}$ — частота вращения вала якоря соответственно на холстом ходу, номинальная при максимальной мощности; $P_{тн}$ — максимальная электромагнитная мощность; P_2 — полезная мощность; ΔP_m — механические потери; $\Delta U_{щ}$ — падение напряжения на контактах щетки — коллектор; η — электромагнитный КПД; Φ — основной магнитный поток

Рис. 3.2. Механические характеристики стартера:
 1 — при 25 °С; 2 — при –15 °С;
 3 — при –20 °С; M_2 — вращающий момент; n — частота вращения вала якоря



ный поток, проходящий через воздушный зазор и якорь электродвигателя.

При питании стартера от батареи ЭДС определяется по формуле

$$E_a = U_{\text{ном}} - \Delta U_{\text{щ}} - I_a(R_{\text{б}} + R_{\text{пр}} + R_{\text{в}} + R_{\text{с}}),$$

где $\Delta U_{\text{щ}}$ — падение напряжения в контактах щетка — коллектор; $R_{\text{б}}$ — внутреннее сопротивление батареи; $R_{\text{пр}}$ — сопротивление стартерной цепи; $R_{\text{в}}$ — сопротивление последовательной обмотки возбуждения; $R_{\text{с}}$ — сопротивление обмотки якоря.

Электромагнитный крутящий момент $M_{\text{к}} = c_e I_a \Phi$.

Подводимая к стартеру мощность за вычетом электрических потерь преобразуется в электромагнитную мощность

$$P = \frac{\pi n M_{\text{к}}}{60} = E_a I_a.$$

Максимальная электромагнитная мощность

$$P_{\text{max}} = \frac{(U_{\text{п}} - \Delta U_{\text{щ}})^2}{4R_{\text{ст}}},$$

где $U_{\text{п}}$ — напряжение источника питания; $R_{\text{ст}}$ — суммарное сопротивление цепи якоря.

Полезный крутящий момент на валу стартерного электродвигателя

$$M_2 = \frac{30P_2}{\pi n}.$$

Стартер характеризуется неравномерностью работы из-за резкого изменения момента сопротивления двигателя, что снижает

мощность и КПД системы пуска. Режим работы стартера — кратковременный с длительностью включения от 10 до 20 с.

Шестерня привода стартера обеспечивает соединение с венцом маховика двигателя не самопроизвольно, так как встроена в муфту свободного хода, защищающую якорь стартера от механических повреждений.

Тяговое реле стартера вводит шестерню в зацепление с маховиком и включает стартер при снижении напряжения до 9 В при 12-вольтовой и до 18 В при 24-вольтовой бортовой сети соответственно.

3.2. СТАРТЕРЫ

Конструкция стартеров. По типу и принципу работы приводных механизмов выделяют стартеры первого типа с механическим или электромеханическим перемещением шестерни привода и стартеры с комбинированным приводом. Наибольшее распространение получили стартеры первого типа с принудительным перемещением шестерни, имеющие роликовые, храповичные или фрикционно-храповичные муфты свободного хода. Комбинированный приводной механизм с принудительным вводом шестерни в зацепление и ее автоматическим инерционным выключением устанавливался в стартерах большой мощности.

Стартер с электромеханическим включением шестерни привода состоит из следующих узлов и деталей (рис. 3.3): корпуса 6 с полюсами и катушками обмотки возбуждения 23; якоря 5 с обмоткой и коллектором 11, механизма привода с муфтой свободного хода 2, шестерни 1 и буферной пружины 3; электромагнитного тягового реле в корпусе с обмотками 16 и 17, крышки 26 со стороны привода; крышки 9 со стороны коллектора и щеточного узла со щеткодержателями, щетками 12 и щеточными пружинами.

Имеются и другие конструкции стартеров, например с торцевым коллектором (рис. 3.4).

Цилиндрический коллектор стартерного электродвигателя может иметь сборную конструкцию цилиндрической формы на металлической втулке, а также цилиндрическую с пластмассовым корпусом. Сборные цилиндрические коллекторы (рис. 3.5, а), применяемые на стартерах большой мощности, составляют из медных пластин и изолирующих прокладок из миканита, слюдинита или слюдопласта. Пластины в коллекторе закрепляют с помощью металлических нажимных колец 2 и изоляционных конусов 4 по

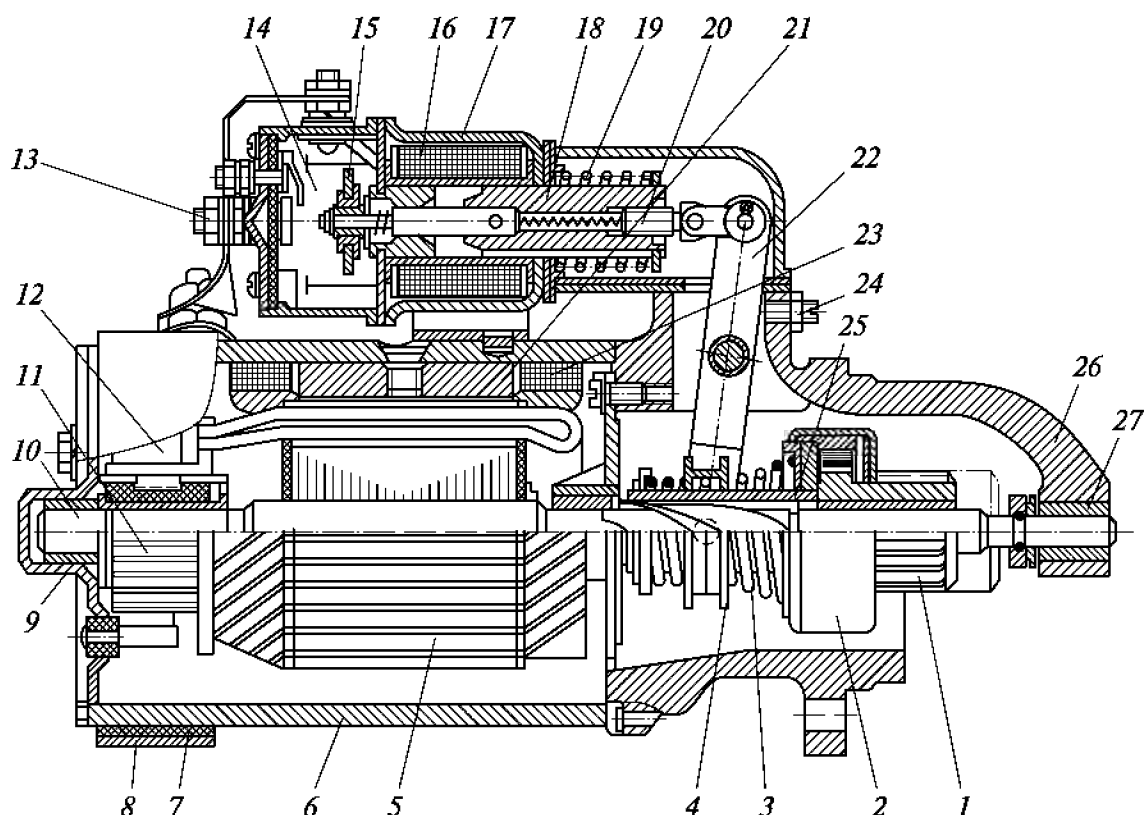


Рис. 3.3. Конструктивная схема стартера с двухобмоточным реле и цилиндрическим коллектором:

1 — шестерня привода; 2 — муфта свободного хода; 3 — буферная пружина; 4 — поводковая муфта; 5 — якорь; 6 — корпус; 7 — уплотнительное кольцо; 8 — наружная втулка; 9 — крышка со стороны коллектора; 10 — подшипник; 11 — коллектор; 12 — щетка; 13 — входная клемма; 14 — неподвижный контакт; 15 — подвижный контакт; 16 — втягивающая обмотка; 17 — удерживающая обмотка; 18 — якорь втягивающего реле; 19 — сердечник реле; 20 — шток реле; 21 — полюс электродвигателя стартера; 22 — рычаг привода; 23 — обмотка катушки возбуждения; 24 — шпилька; 25 — промежуточная опора; 26 — крышка со стороны привода; 27 — подшипник со стороны привода

боковым опорным поверхностям. От металлической втулки 1, которую напрессовывают на вал якоря, медные пластины изолируют миканитовой цилиндрической втулкой.

Пластмассовый корпус цилиндрических и торцевых коллекторов (рис. 3.5, б, в) плотно охватывает сопрягаемые поверхности независимо от конфигурации и точности изготовления коллекторных пластин. Пластмасса является формирующим элементом цилиндрического и торцевого коллекторов, изолирует коллекторные пластины от вала и воспринимает нагрузки. Для повышения прочности коллекторов в пластмассовый корпус вводят армирующие кольца 7 из металла или пресс-материала. При

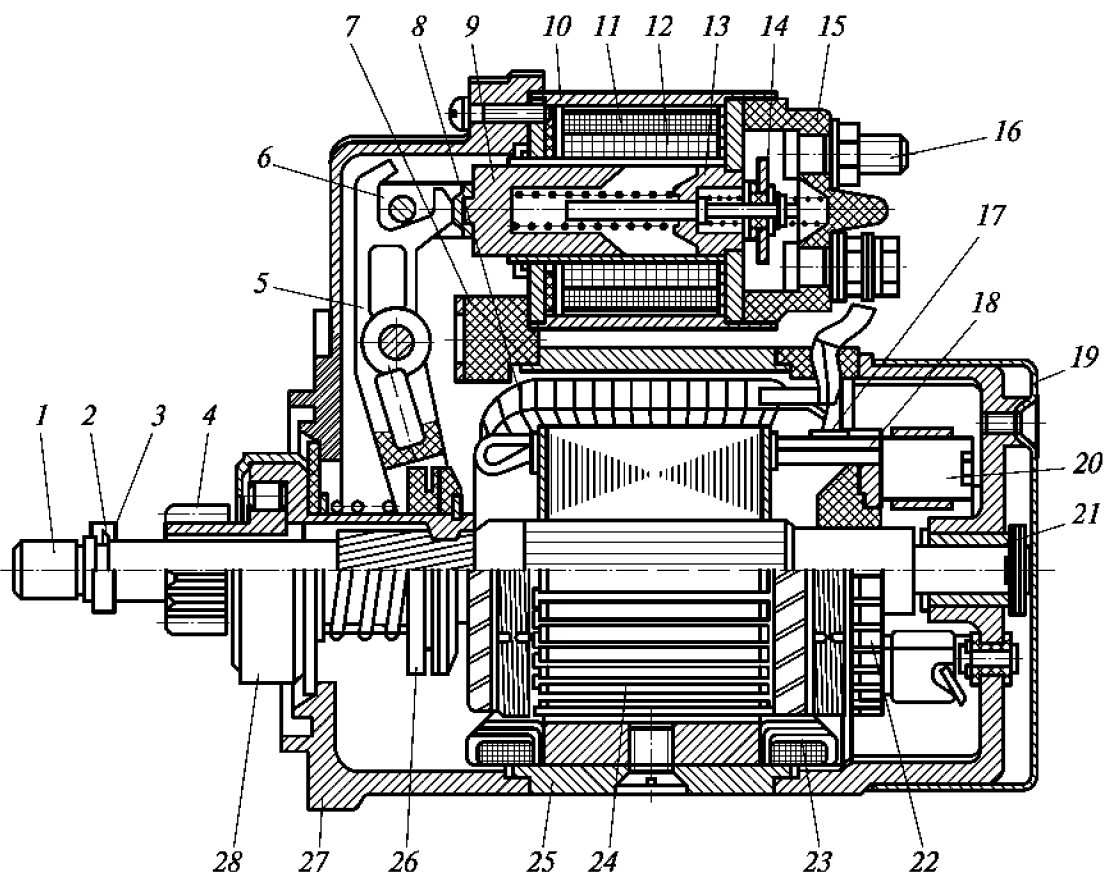


Рис. 3.4. Стартер с торцевым коллектором:

1 — вал якоря; 2 — замковое кольцо; 3 — упорное кольцо; 4 — шестерня привода; 5 — рычаг привода; 6 — тяга реле; 7 — уплотнительная заглушка; 8 — катушка обмотки возбуждения; 9 — якорь тягового реле; 10 — корпус тягового реле; 11 — удерживающая обмотка; 12 — втягивающая обмотка; 13 — сердечник тягового реле; 14 — подвижный контакт; 15 — крышка тягового реле; 16 — контактные болты; 17 — бандаж лобовой части обмотки якоря; 18 — обмотка якоря; 19 — защитный кожух; 20 — щетка; 21 — вкладыш подшипника; 22 — торцевой коллектор; 23 — крышка со стороны коллектора; 24 — якорь электродвигателя; 25 — корпус; 26 — поводковая муфта; 27 — крышка со стороны привода; 28 — роликовая муфта свободного хода

небольших размерах коллектора его изготавливают из цельной цилиндрической медной заготовки, разрезаемой на отдельные ламели после опрессовки пластмассой, коллекторы стартеров большой мощности изготавливают методом холодного выдавливания.

В механизмах привода шестерни стартера в зацепление с венцом маховика двигателей наибольшее распространение получили роликовые муфты свободного хода и храповичные муфты.

Роликовые муфты свободного хода получили наибольшее распространение в стартерах благодаря бесшумной работе и техно-

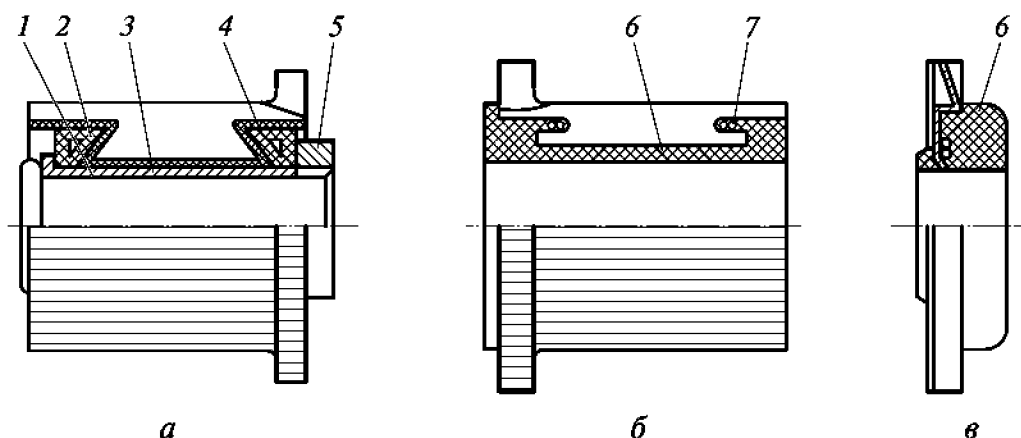


Рис. 3.5. Коллекторы стартеров:

а — цилиндрический на металлической втулке (стартер типа СТ142);
б — цилиндрический в пластмассовом корпусе (стартер типа СТ142);
в — торцевой (стартер типа 29. 3708); 1 — металлическая втулка;
 2 — нажимное кольцо; 3 — изоляционный материал втулки; 4 — изоляционный конус; 5 — гайка; 6 — пластмассовый корпус; 7 — армировочное кольцо

логичности. Роликовые муфты свободного хода способны при небольших размерах передавать значительные вращающие моменты. Роликовые муфты малочувствительны к загрязнению, не требуют ухода и регулировки в эксплуатации.

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма 12 (рис. 3.6) муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно неподвижной еще ведомой обоймы 17. Ролики 1 под действием прижимных пружин 3 и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается. Вращение от вала якоря наружной обойме 12 муфты передается шлицевой втулкой 10. После пуска двигателя частота вращения ведомой обоймы 17 с шестерней превышает частоту вращения ведущей обоймы 12. Ролики переходят в широкую часть клиновидного пространства между обоймами, поэтому вращение от венца маховика к якорю стартера не передается (муфта проскальзывает).

Для обеспечения надежного заклинивания муфты свободного хода стали применять индивидуальные и групповые прижимные устройства для роликов. К индивидуальным устройствам относятся прижимные с пружинами 3, осуществляющими нажатие на ролики 1 непосредственно, через индивидуальные плунжеры или толкатели 2 Г-образной формы. В муфтах свободного хода с групповыми прижимными устройствами число прижимных пружин

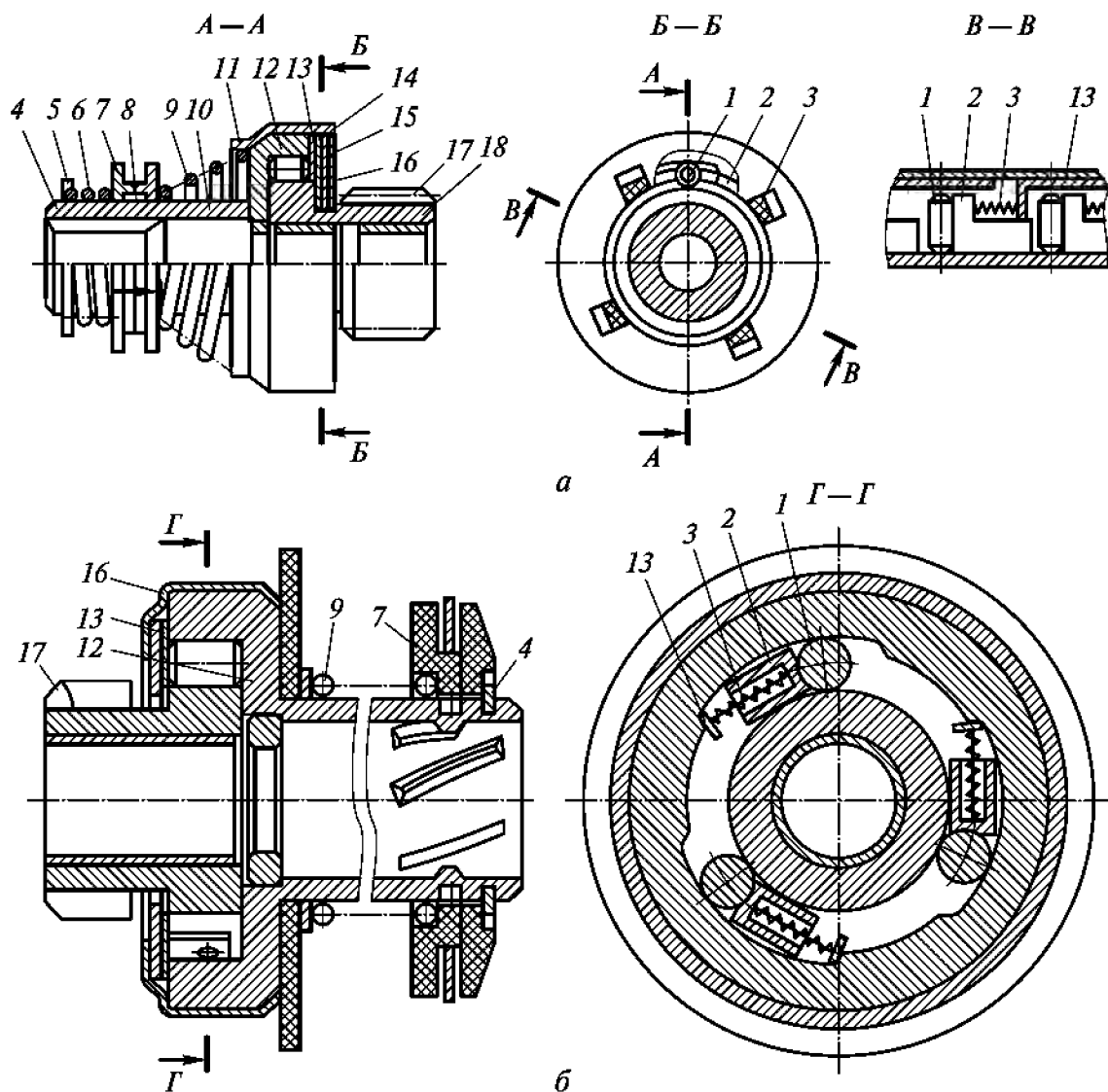


Рис. 3.6. Конструкции роликовых муфт свободного хода приводных механизмов стартеров:

а — четырехроликовая бесплунжерная муфта стартера СТ230-Б; *б* — трехроликовая муфта стартера 29.3708; 1 — ролик; 2 — толкатель; 3 — прижимная пружина; 4, 8 — замковые кольца; 5 — опорная чаша; 6 — пружина; 7 — поводковая муфта; 9 — буферная пружина; 10 — шлицевая втулка; 11 — центрирующее кольцо; 12 — наружная ведущая обойма; 13 — держатель пружин; 14 — специальная шайба; 15 — войлочный уплотнитель; 16 — кожух муфты; 17 — ведомая обойма с шестерней; 18 — втулка

меньше числа роликов, а заклинивание роликов между обоймами осуществляется при помощи сепараторов.

В муфтах с индивидуальными прижимными устройствами витые цилиндрические пружины 3 одним концом упираются в выступы толкателей 2, а другим — в отогнутые лепестки держате-

ля 13 пружин, соединенного с ведущей обоймой. Сепараторное прижимное устройство сложнее по конструкции, однако позволяет увеличить число роликов, способствует равномерному распределению нагрузки на ролики и тем самым повышает нагрузочную способность муфты свободного хода. Благодаря отсутствию отверстий под плунжеры в бесплунжерных муфтах свободного хода повышается прочность обоймы.

Механизм привода с храповичной муфтой свободного хода обеспечивает более полное разъединение вала якоря электродвигателя и коленчатого вала двигателя при значительно меньших нагрузках на силовые элементы муфты. Храповичная муфта состоит из корпуса 11 (рис. 3.7), ведущего 8 и ведомого 6 храповиков, шестерни 2 привода, пружины 10, шлицевой направляющей втулки 12 и центробежного механизма с конической втулкой 7, текстолитовыми сегментами (сухариками) 3 и направляющими штифтами 4 для разъединения ведущего и ведомого храповиков.

При подключении обмотки тягового реле к источнику электропитания его якорь через рычаг привода и корпус 11 муфты перемещает направляющую втулку 12 вместе с храповиками 6 и 8 по

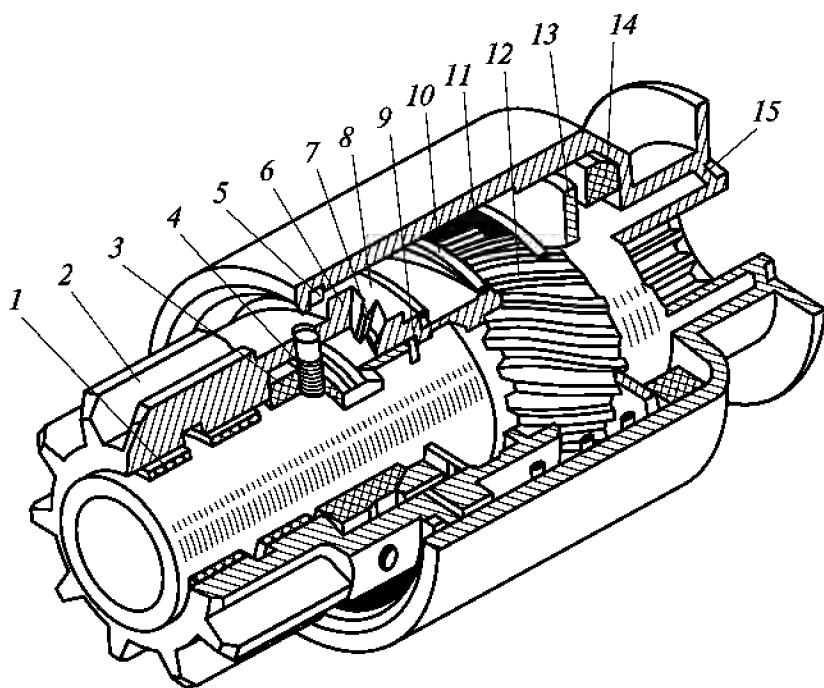


Рис. 3.7. Приводной механизм с храповичной муфтой свободного хода: 1 — вкладыш; 2 — шестерня; 3 — сегмент (сухарик); 4 — направляющий штифт; 5 — замковые кольца; 6 — ведомый храповик; 7 — коническая втулка; 8 — ведущий храповик; 9, 13 — шайбы; 10 — пружина; 11 — корпус муфты; 12 — шлицевая направляющая втулка; 14 — буферное резиновое кольцо; 15 — поводковая муфта

шлицам вала и вводит шестерню 2 в зацепление с венцом маховика до упора в шайбу на валу якоря. В конце хода шестерни замыкаются силовые контакты тягового реле, вал якоря приводится во вращение, а вращающий момент через шлицевую втулку 12, ведущий 8 и ведомый 6 храповики передается шестерне 2, а затем венцу маховика. При передаче вращающего момента в винтовых шлицах втулки 12 и ведущего храповика 8 возникает осевое усилие, которое воспринимается буферным резиновым кольцом 14. Если шестерня привода упирается в венец маховика, сжимается пружина 10 и ведущий храповик 8, перемещаясь по винтовым шлицам втулки 12, торцовыми зубьями поворачивает ведомый храповик и шестерню на угол, обеспечивающий ввод шестерни в зацепление и замыкание контактов тягового реле.

После пуска двигателя частота вращения шестерни и ведомого храповика превышает частоту вращения вала якоря и направляющей втулки 12, поэтому ведущий храповик, перемещаясь по винтовым шлицам втулки, отходит от ведомого храповика, и шестерня привода вращается вхолостую. Коническая втулка 7 отодвигается вместе с ведущим храповиком и освобождает текстолитовые сегменты 3, соединенные с быстровращающимся ведомым храповиком 6 штифтами 4. Под действием центробежных сил сегменты перемещаются в радиальном направлении вдоль штифтов и блокируют муфту в расцепленном состоянии, предохраняя зубья храповиков от повреждения и изнашивания. Шестерня привода выходит из зацепления с венцом маховика только после выключения тягового реле стартера. Во время отдельных вспышек в цилиндрах шестерня остается в зацеплении, что позволяет стартеру вращать коленчатый вал до тех пор, пока двигатель не сможет работать самостоятельно.

Преимуществами храповичной муфты свободного хода по сравнению с роликовыми муфтами являются высокая прочность, ремонтпригодность и возможность передачи большого вращающего момента при сравнительно небольших габаритных размерах.

Стартеры с дополнительным редуктором. В настоящее время широкое распространение получили стартеры с дополнительными встроенными редукторами и возбуждением от постоянных магнитов. Редукторы, встраиваемые в стартеры, разделяются на три основных типа: цилиндрический планетарный, с внутренним зацеплением и с внешним зацеплением. Редукторы имеют одноступенчатую конструкцию с прямозубыми шестернями.

Планетарный редуктор (рис. 3.8) между приводом и валом электродвигателя состоит из шестерни 9, закрепленной в корпусе 4 стартера, в котором вращается водило 10 с зубчатыми шестернями-

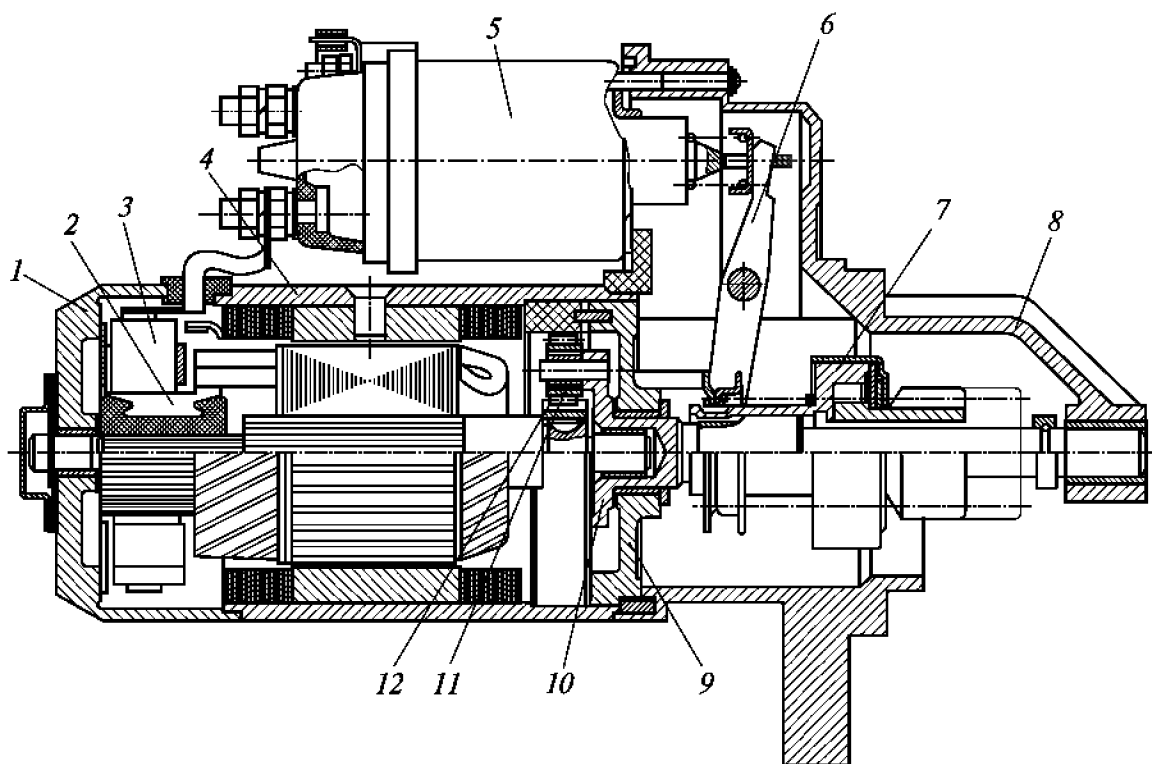


Рис. 3.8. Конструкция стартера с планетарным редуктором:

1 — задняя крышка; 2 — коллектор стартера; 3 — щеточный узел; 4 — корпус стартера с обмоткой возбуждения в сборе; 5 — тяговое реле; 6 — рычаг привода стартера; 7 — обгонная муфта; 8 — крышка в сборе со стороны привода; 9 — шестерня редуктора с внутренним зацеплением; 10 — водило редуктора; 11 — шестерня планетарного механизма; 12 — подшипник

сателлитами 11 в подшипнике. Планетарному редуктору свойственна соосность осей электродвигателя и привода, чем упрощается компоновка стартера на двигателе взамен стартеров без дополнительного редуктора. Планетарный редуктор не увеличивает радиальную нагрузку на вал электродвигателя, что дает возможность применять для вала якоря подшипники скольжения. Технология изготовления таких редукторов сложнее, однако сборка его проще благодаря соосности основных узлов стартера.

Внешнее зубчатое колесо (шестерня) 9 изготавливается из пластмассы или методом порошковой металлургии. Сателлиты, прессованные из порошка, вращаются на осях в подшипниках скольжения или в игольчатых подшипниках, которые предпочтительнее, так как обеспечивают больший КПД редуктора. Ось сателлита одновременно является внутренней обоймой игольчатого подшипника. Это предъявляет высокие требования к материалу и точности осей. Центральное зубчатое колесо выполняется как

одно целое с валом якоря или может быть съёмным. Для получения минимальных механических потерь и обеспечения высокого срока службы предъявляются повышенные требования к точности изготовления зубчатых колес и других деталей редуктора. С той же целью применяют высококачественные смазочные материалы. Передаточное отношение редуктора составляет 3...5.

Якорь стартера с редуктором имеет конструктивные особенности. Обмотка якоря пропитана компаундом, уменьшающим вероятность его разноса. В связи с повышенной частотой вращения якорь обязательно подвергается динамической балансировке. Для снижения потерь на гистерезис и вихревые токи пакет якоря собирают из пластин тонколистовой (толщина 0,5 мм) электротехнической стали.

В связи с уменьшенной металлоемкостью и повышенной удельной мощностью стартеры с редуктором обладают большей тепловой напряженностью по сравнению со стартерами без редуктора.

Наиболее ответственным в стартерах с редуктором является щеточно-коллекторный узел. Плотность тока под щетками в режиме максимальной мощности в 1,5—2,5 раза превышает плотность тока у обычных стартеров. В таких условиях требуется применение специальных щеток, имеющих на сбегавшем крае повышенное содержание графита. Это увеличивает сопротивление коммутируемой цепи, улучшает коммутацию. Кроме того, применяется сдвиг щеток против направления вращения на 0,3—0,5 коллекторного деления. В итоге обеспечивается снижение интенсивности изнашивания щеток и коллектора до уровня стартеров без редукторов.

Современный стартер мощностью 1...2 кВт имеет возбуждение от постоянных магнитов высоких энергий. Применяют постоянные магниты из феррита стронция, которые имеют повышенную коэрцитивную силу по сравнению с магнитами из феррита бария. Повышенная коэрцитивная сила увеличивает стойкость магнитов против размагничивания реакцией якоря в момент включения стартера, когда действует сила тока короткого замыкания. Для повышения стойкости к размагничиванию применяют специальную обработку сбегавщего участка магнита, приводящую к дополнительному местному повышению коэрцитивной силы, увеличивают число полюсов до шести или применяют экранирование сбегавшей части полюса магнитным шунтом, замыкающим часть магнитного потока якоря.

Конструкция стартеров с цилиндрическими редукторами с внешним зацеплением представлена на рис. 3.9. Редуктор расположен в корпусе 23, в котором расположены шестерни 21 и 22, рычаг привода 16 соединен со штоком тягового реле, управляющего под-

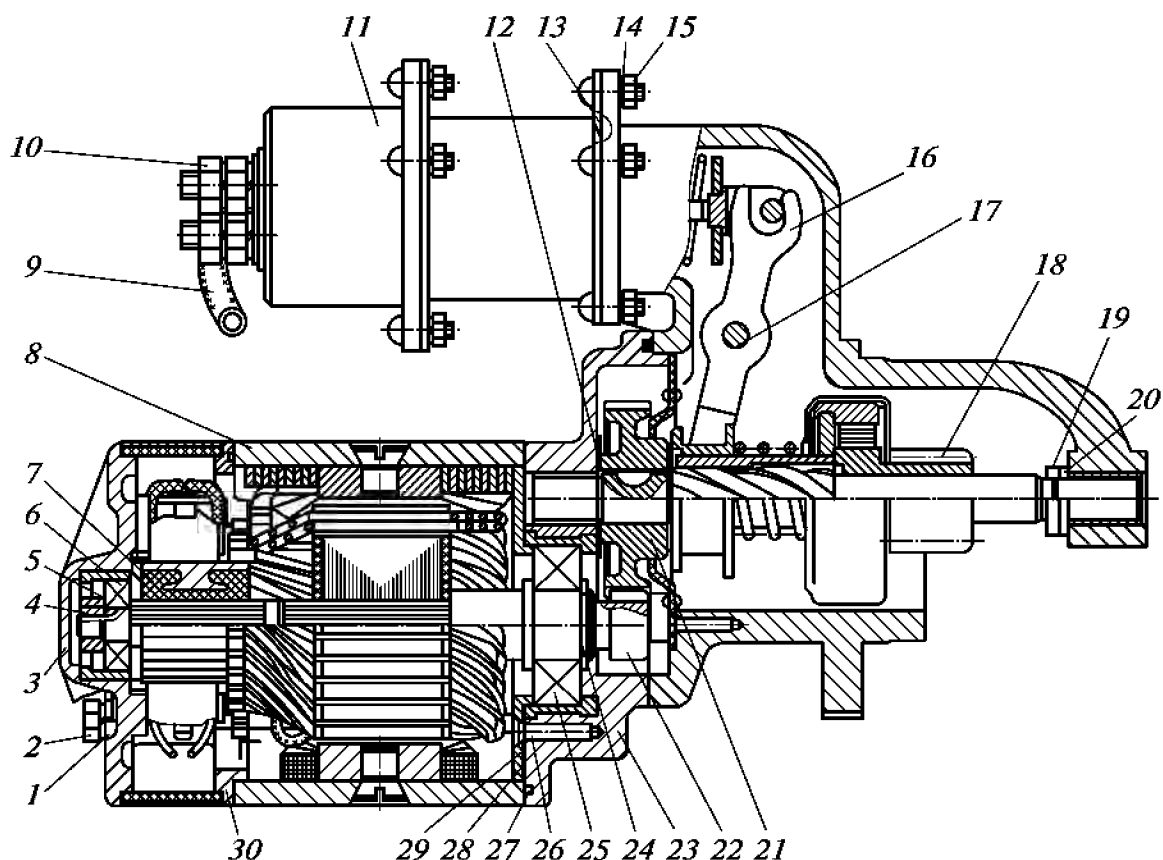


Рис. 3.9. Конструкция стартера со встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением:

1, 14 — пружинные шайбы; 2 — стяжной болт; 3 — крышка со стороны коллектора; 4, 15 — гайки; 5 — стопорная шайба; 6, 25 — подшипники; 7 — якорь в сборе; 8 — корпус; 9 — перемычка; 10 — гайка контактного болта тягового реле; 11 — тяговое реле; 12 — шайба; 13, 27, 30 — уплотнительные кольца; 16 — рычаг в сборе; 17 — ось рычага; 18 — шестерня привода; 19 — упорная шайба; 20 — регулировочная шайба; 21 — ведомая шестерня; 22 — ведущая шестерня; 23 — корпус редуктора в сборе; 24 — кольцо; 26 — винт; 28 — регулировочная прокладка; 29 — крышка подшипника

ключением стартера к аккумуляторной батарее посредством диска. Якорь стартера 7 вращает шестерни редуктора 21 и 22.

Достоинство цилиндрического редуктора с внешним зацеплением заключается в технологичности изготовления его зубчатых колес. К недостаткам относится увеличение высоты стартера по сравнению со стартерами без редуктора из-за смещения осей стартерного электродвигателя и привода на 30...50 мм. Появление радиальной нагрузки на якорь электродвигателя требует применения подшипников качения.

В стартерах с цилиндрическими редукторами, имеющими внутреннее зацепление, меньше смещение осей электродвигателя

и привода, что облегчает компоновку стартера на двигателе; к недостаткам можно отнести повышенную сложность изготовления зубчатых колес, присутствие радиальной нагрузки на вал электродвигателя.

Стартер с редуктором имеет массу на 30...50 % меньшую, чем стартер обычной конструкции за счет повышения частоты вращения вала электродвигателя в 3—5 раз. С уменьшением размеров якоря и катушек уменьшается расход меди. Однако встраиваемый редуктор несколько увеличивает длину по оси стартера. Для ограничения длины применяют укороченный привод, в котором функцию буферной пружины выполняет пружинный рычаг, или располагают буферную пружину в тяговом реле стартера. Кроме того, длину стартеров мощностью 2...2,5 кВт уменьшают за счет углубления ступицы крышки со стороны коллектора и размещения вкладыша вала в цилиндрической выемке в торце коллектора.

Стартер с редуктором, особенно планетарным, более сложен, имеет большее количество деталей и более трудоемок в изготовлении. Снижение трудоемкости достигается автоматизацией изготовления ряда деталей и сборки узлов и всего стартера.

При мощности стартера до 1 кВт редуктор в него встраивают редко, так как усложнение конструкции не компенсируется малым снижением металлоемкости. Стартеры такой мощности выполняют с возбуждением от постоянных ферростронциевых магнитов. Появились стартеры с возбуждением от постоянных магнитов высокой энергии, изготовленных на базе сплава железо—неодим—бор. Такие магниты называются «Магнаквенч». Стартер без редуктора с магнитами железо—неодим—бор существенно меньше по массе и объему стартера с электромагнитным возбуждением. Удельная энергия магнитов «Магнаквенч» лежит в пределах 100...290 кДж/м³, тогда как у магнитов из феррита стронция — 22...30 кДж/м³. Сплав железо—неодим—бор дорогостоящий, окисляется на воздухе, восприимчив к воздействию температуры. Для предотвращения окисления изготавливают эпоксидно-клеенные магниты, в которых зерна сплава обволакиваются компаундом, герметически изолирующим их от воздействия окружающей среды.

Стартеры большегрузных автомобилей мощностью от 8 до 16 кВт для дизелей снабжены храповичной муфтой свободного хода (см. рис. 3.6) или имеют храповично-фрикционный привод.

Конструкция стартера должна предусматривать защиту его внутреннего пространства от грязи и воды в соответствии с требованиями, предъявляемыми к этим видам изделий. Большой степе-

нью герметизации отличаются стартеры для большегрузных машин. Герметичное исполнение исключает сообщение между внутренним пространством стартера и внешней средой. Герметизация достигается установкой в местах разъема резиновых колец, применением пластмассовых втулок и уплотнительных прокладок из мягких пластических материалов. Герметизация в местах вывода обмоток тягового реле и стартера обеспечивается установкой резиновых шайб. Попадание в стартер и реле грязи, влаги и посторонних тел из картера маховика исключено благодаря установке резинового сильфона и армированной манжеты в промежуточной опоре. Герметизирующий сильфон не препятствует регулированию механизма привода.

Управление стартером. Электрические схемы управления стартером зависят от расположения стартера и аккумуляторной батареи на автомобиле, соответствия номинального напряжения стартера и системы электрооборудования, наличия и типа устройства для облегчения пуска двигателя.

Однообмоточное тяговое реле *K1* (рис. 3.10, *а*) стартера соединяется с аккумуляторной батареей *GB* при переводе ключа выключателя зажигания *2* в нефиксированное положение «Стартер». Якорь тягового реле втягивается в электромагнит, с помощью рычажного механизма вводит шестерню в зацепление с венцом маховика и в конце хода замыкает силовые контакты реле *K1* в цепи электроснабжения якоря стартера *M*.

Силовые контакты тягового реле замыкаются, когда шестерня привода не полностью входит в зацепление с венцом маховика. Как только якорь электродвигателя начинает вращаться и передавать вращающий момент коленчатому валу двигателя, в шлицевом соединении вала якоря и втулки ведущей обоймы муфты свободного хода возникает осевая сила, которая перемещает шестерню до упора на валу и удерживает ее в этом положении до тех пор, пока она является ведущей.

Если зубья шестерни упираются в зубья венца маховика, якорь реле продолжает двигаться в результате сжатия буферной пружины и замыкает силовые контакты тягового реле. Якорь электродвигателя с приводом поворачивается, и шестерня под действием буферной пружины входит в зацепление, когда зуб шестерни устанавливается напротив впадины зубчатого венца маховика. Использование дополнительного усилия в шлицевом сопряжении вала и направляющей втулки ведущей обоймы муфты для перемещения шестерни позволяет уменьшить тяговое усилие и ход якоря электромагнита, размеры и массу тягового реле.

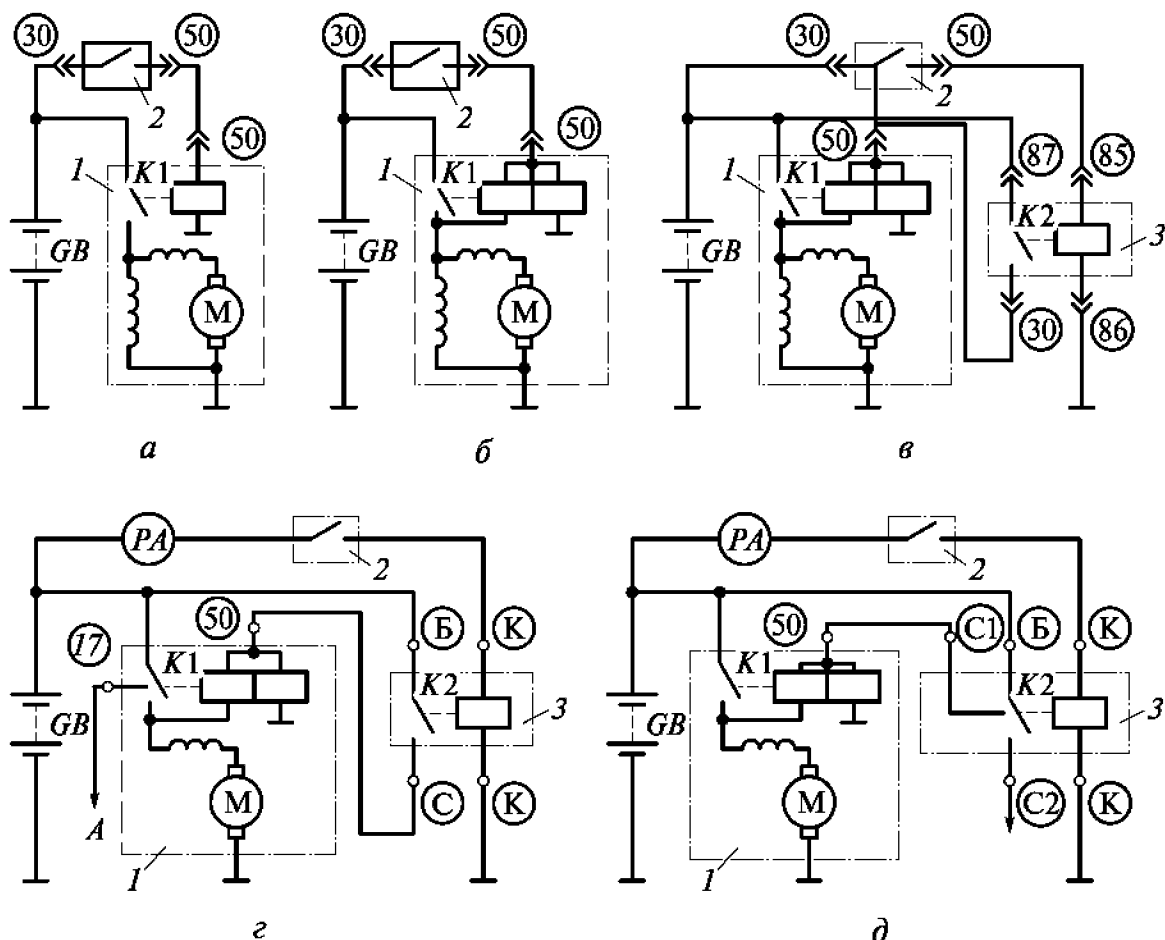


Рис. 3.10. Схемы управления стартерами:

а — с однообмоточным реле; *б–д* — с двухобмоточным реле; 1 — стартер; 2 — выключатель зажигания; 3 — дополнительное реле; А — вывод к добавочному резистору системы зажигания; М — якорь стартера; 30, 50, 85, 87 — номера подводящих проводов; K1, K2 — реле; GB — батарея; PA — амперметр; Б, С, С1, С2, К — клеммы дополнительного реле 3

Когда маховик работающего двигателя становится ведущим, осевое усилие в шлицевом соединении начинает действовать в противоположном направлении и шестерня отжимается от маховика. Однако осевое усилие недостаточно для преодоления силы притяжения электромагнита тягового реле. Поэтому шестерня остается в зацеплении до тех пор, пока не будет отключено электропитание обмотки тягового реле. Вращаемую маховиком шестерню от вала якоря отсоединяет муфта свободного хода. Для отключения стартера необходимо снять усилие с ключа в выключателе зажигания. Ключ автоматически перейдет в положение «Зажигание». Якорь обесточенного реле и привод стартера под действием возвратной пружины перемещаются в исходное положение.

ние. Возвратная пружина через рычаг привода смещает якорь электродвигателя стартера в сторону крышки. Стальной тормозной диск на якоре упирается в пластмассовый тормозной диск, находящийся в крышке, и якорь быстро останавливается. Применение однообмоточного реле себя не оправдало, поэтому в настоящее время промышленность выпускает стартеры только с двухобмоточным реле.

В рассмотренной схеме управления после пуска двигателя следует немедленно выключать стартер, так как при длительном вращении ведомой обоймы с шестерней привода возможно заклинивание муфты свободного хода и повреждение якоря. Включение стартера при работе двигателя может привести к повреждению зубьев шестерни и маховика или выходу из строя муфты свободного хода привода.

В стартерах с двухобмоточным реле *K1* (рис. 3.10, б) при замыкании контактов «30» и «50» выключателя зажигания через штекер «50» стартера ток от аккумуляторной батареи проходит через тягивающую и удерживающую обмотки. Якорь тягового реле втягивается в электромагнит под действием обеих обмоток. В конце хода якоря силовые контакты реле не только подключают стартерный электродвигатель к источнику электроснабжения, но и замыкают накоротко тягивающую обмотку, потребляющую ток сравнительно большой силы. Удерживающая обмотка рассчитана на удержание якоря реле в рабочем положении.

Выключатели зажигания некоторых автомобилей имеют блокировочное устройство против повторного включения стартера. Повторный поворот ключа из положения «Зажигание» в положение «Стартер» возможно только после предварительного возвращения ключа в положение «Выключено». Благодаря такому устройству предотвращается возможность включения стартера при работающем двигателе.

По схеме на рис. 3.10, в при включении стартера ток в обе обмотки тягового реле *K1* проходит через вспомогательное реле *K2*. В стартерах со схемой управления на рис. 3.10, г дополнительный контакт тягового реле через вывод «17» замыкает накоротко добавочный резистор в первичной цепи катушки зажигания. Эту же функцию в схеме управления стартером на рис. 3.10, д выполняют дополнительные контакты реле.

В электродвигателе со смешанным возбуждением две катушки последовательной обмотки соединены между собой последовательно, а две катушки параллельной обмотки — параллельно (см. рис. 3.10, в). Ток к последовательной обмотке и к якору при вклю-

чении стартера подводится от аккумуляторной батареи через контакты включателя стартера и втягивающую обмотку тягового реле.

После замыкания контактов тягового реле силовые контакты обмотки контактора подключают последовательную обмотку возбуждения и обмотку якоря непосредственно к аккумуляторной батарее, одновременно шунтируя втягивающую обмотку тягового реле. Параллельная обмотка возбуждения стартерного электродвигателя и удерживающая обмотка тягового реле в течение работы стартера соединены с аккумуляторной батареей через контакты включателя стартера.

В схемах управления стартером на автомобилях с дизелями применено электронное устройство для автоматического отключения и блокировки стартера. Блокировку стартера осуществляет электронный блок управления для автоматического отключения и блокировки стартера при повторном его включении во время работы двигателя (рис. 3.11). Устройство выполнено на пяти транзисторах $VT1—VT5$ и состоит из усилителя-ограничителя на транзисторе $VT1$, преобразователя частоты сигнала в напряжение на элементах $C3$, $R6$, $VD2$, $VD3$, компаратора напряжения на транзисторе $VT2$, усилителя $VT3$ и триггера на транзисторах $VT4$ и $VT5$.

При пуске двигателя выключатель цепей зажигания и питания потребителей S переводится в положение II («Пуск»), триггер переходит в первое устойчивое состояние (транзистор $VT5$ открыт, а транзистор $VT4$ закрыт). Дополнительное реле K подсоединяется к аккумуляторной батарее и включает стартер. При вращении коленчатого вала двигателя от фазы генератора на усилитель-ограничитель через вывод 4 штекерного разъема подается синусоидальный сигнал, преобразуемый в прямоугольные импульсы нормированной амплитуды. Элементы $R1—R3$, $C1$ ограничивают входное напряжение и отфильтровывают импульсные помехи по входным цепям. Диод $VD1$ предохраняет транзистор $VT1$ от пробоя отрицательной полуволной входного напряжения.

Прямоугольный импульс усилителя-ограничителя поступает на вход преобразователя частоты сигнала в напряжение. Напряжение на конденсаторе $C3$, пропорциональное частоте импульсов, сравнивается с опорным напряжением делителя напряжения на резисторах $R12—R15$. Когда напряжение на конденсаторе $C3$ превышает опорное напряжение, транзисторы $VT2$ и $VT3$ открываются, триггер переводится во второе устойчивое состояние (транзистор $VT4$ открыт, а транзистор $VT5$ закрыт) и дополнительное реле

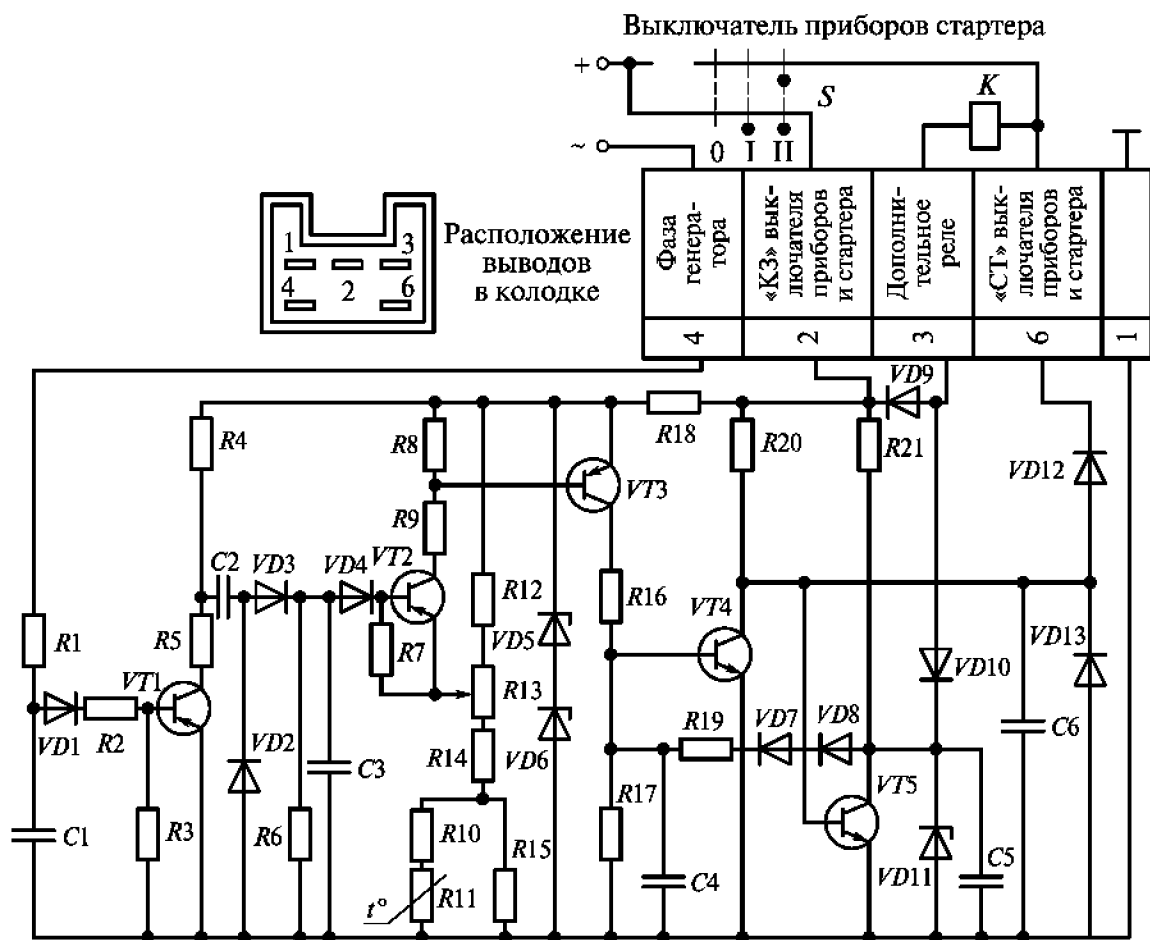


Рис. 3.11. Схема электронного устройства 2612.3747 для автоматического отключения и блокировки стартера СТ142Б:

VD1—VD4, VD7—VD9, VD12, VD13 — диоды типа К 102А; VD10 — диод типа К 209А; VD5, VD6 — стабилитроны типа ДБ14А; VD11 — стабилитрон типа Д816Д; C — конденсаторы разной емкости: C1 — 0,05 мкФ, C2 — 0,22 мкФ, C3 — 0,47 мкФ, C4, C6 — 0,05 мкФ, C5 — 0,1 мкФ; R — резисторы с различным сопротивлением: R1, R2 — 3 кОм, R3, R8 — 10 кОм, R4 — 5,6 кОм, R5 — 100 кОм, R6 — 39,2 кОм, R7 — 22 кОм, R9, R11, R15, R16, R19 — 2,2 кОм, R10 — 470 Ом, R12 — 33 кОм, R13, R20 — 1 кОм, R14 — 470 Ом, R18 — 680 Ом, R21 — 8,2 кОм; VT1, VT2, VT4, VT5 — транзисторы типа КТ630А; VT3 — типа КТ3107Б; 1—6 — клеммы электронного блока; S — выключатель зажигания

отключает стартер. Диоды VD10, VD13 и конденсаторы C5 и C6 способствуют более надежному запирающему транзистора VT5 и полному отпирающему транзистора VT4. Диоды VD10, VD13 и конденсатор C5 обеспечивают также надежное запирающее транзистора VT5 при ручном отключении стартера.

Терморезистор R11 при изменении температуры окружающего воздуха позволяет автоматически изменять опорный сигнал частоты вращения коленчатого вала двигателя, при величине которого

Таблица 3.1. Технические характеристики стартеров и области их применения

Тип стартера	Область применения	Технические характеристики						Изготовитель
		Емкость батареи C_{20} , А·ч	$U_{ном}$, В	$P_{ном}$, кВт	Диаметр корпуса, мм	Масса, кг	Удельная мощность, Вт/кг	
29.3708	ВАЗ-2108, -2109	55	12	1,3	103	6,0	216	ОАО «ЗИТ»
GF1/7KW*	Легковой автомобиль	55	12	1,68	100	6,8	245	Boshe (ФРГ)
42.3708	ЗМЗ-406.10, -4062.10	75	12	1,65	102	7,0	235	ОАО «БАГЭ»
57.3708*	ВАЗ-2110	55	12	1,55	80	4,0	387	ОАО «ЗИТ»
60.3708*	ЗМЗ-406.10	55	12	1,7	74	4,5	378	То же
4611.3708*	ЗМЗ-406.10	55	12	1,7	74	4,5	378	ОАО «ЭЛТРА»
4621.3708*	ВАЗ-2106	55	12	1,3	74	4,5	378	То же
421.3708.07	ЗМЗ-406.10	75	12	1,65	102	6,0	289	»
426.3708	ВАЗ-2108	55	12	1,3	102	6,0	217	ОАО «БАГЭ»
391.3708	ВАЗ-1111	36	12	1,0	92,5	4,45	225	ОАО «Электромаш» (Украина)
1111.3708	ВАЗ-1111	36	12	1,0	86	4,35	230	ОАО «БАГЭ»
СТ2А.10	ЗИЛ-130	90	12	1,8	115	12,2	148	То же

СТ230.А1	ЗМЗ-53	90	12	1,5	124,4	9,7	155	»
СТ142-А	ЯМЗ-236	132	24	7,4	133	26,0	273	»
25.3708.01	ЯМЗ-238	190	24	8,2	149	29,0	283	ОАО «ЭАТРА»
25.3708	ЯМЗ-846	190	24	12	149	29,0	414	То же
3002.3708	А260.5 А260.7	190	24	7,7	133	23,1	330	ОАО «БАГЭ»
5652.3708	КамАЗ-741	190	24	8,2	190	25,0	328	ОАО «АЗТЭ»

* Стартер с редуктором.

должен отключаться стартер. Необходимый уровень этой частоты можно регулировать переменным резистором $R13$.

В случае неудачной попытки пуска стартер включается повторно только после предварительного перевода выключателя S в положение 0 («Выключено»). Схема устройства исключает включение стартера при вращении коленчатого вала двигателя. Установка устройства автоматического отключения и блокировки стартера позволяет повысить срок службы системы стартерного пуска в результате снижения общего числа отказов, вызванных фрезерованием зубьев шестерни при случайном включении стартера на работающем двигателе, и уменьшения времени работы стартера при каждом пуске двигателя.

Обозначаются стартеры, как и все изделия электрооборудования, восьмизначным числом. В начале идет порядковый номер модели — два знака (11 — первая модель, 12 — вторая модель и т. д.), третий знак указывает модификацию изделия, четвертый — климатическое исполнение (1 — холодный климат, 2 — общеклиматическое, 3 — умеренный и тропический климат и т. д.); далее следует точка и номер подгруппы изделий — 3708 (стартер).

Технические характеристики стартеров представлены в табл. 3.1.

3.3. СИСТЕМЫ, УЛУЧШАЮЩИЕ ПУСК ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Устройства для облегчения пуска, воздействуя на отдельные системы двигателя, температурное состояние его деталей и эксплуатационных материалов, снижают момент сопротивления вращению коленчатого вала, улучшают условия образования и воспламенения топливовоздушной смеси. Эффективность различных устройств для облегчения пуска зависит от типа двигателя, его конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

Электрофакельные подогреватели воздуха на впуске устанавливают на дизелях во впускном трубопроводе, что в сочетании с маловязким маслом позволяет снизить минимальную температуру пуска холодного дизеля на $10 \dots 15^\circ\text{C}$. В электрофакельных подогревателях через электрическую спираль проходит ток небольшой силы, так как она служит только для подогрева, испарения и зажигания топлива. Воздух во впускном трубопроводе подогревается за счет теплоты сгорания топливовоздушной смеси.

Электрофакельное устройство дизелей автомобилей состоит из двух факельных штيفтовых свечей, электромагнитного топливно-

го клапана, добавочного резистора с термореле, кнопочного выключателя, реле электрофакельного устройства, реле отключения обмотки возбуждения генератора, контрольной лампы и топливопроводов.

Дозирование топлива, его испарение, смешивание с воздухом, воспламенение и сгорание происходят в факельной штифтовой свече (рис. 3.12, *а*). Топливо, подаваемое к свече, очищается фильтром 5, дозируется жиклером 6, проходит по кольцевой полости между кольцевой вставкой и нагревателем 11. Объемная испарительная сетка 2 в нижней части факельной свечи имеет большую поверхность и облегчает испарение топлива. Сетка окружена защитным экраном 1 с отверстиями для прохода воздуха. Экран пред-

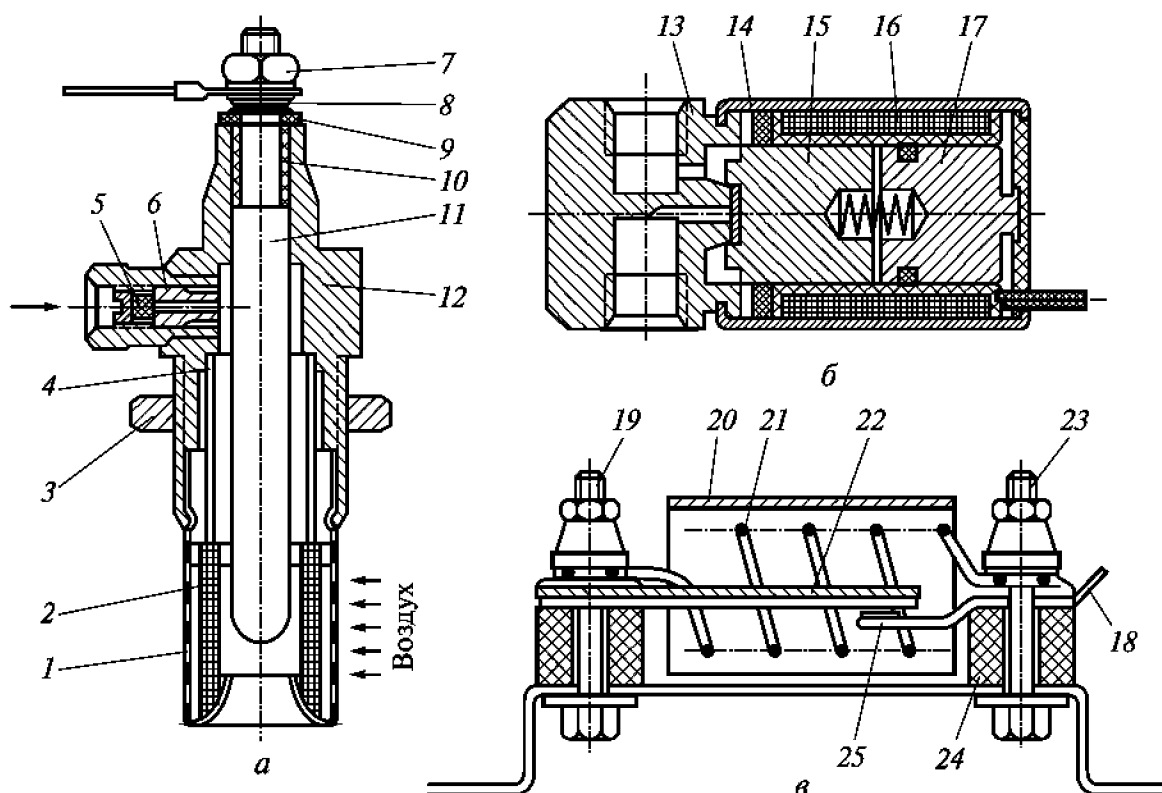


Рис. 3.12. Электрофакельное устройство:

а — факельная штифтовая свеча типа 13.3740; *б* — электромагнитный клапан типа 13.3741; *в* — добавочный резистор с термореле; 1 — защитный экран; 2 — испарительная сетка; 3, 7, 8 — гайки; 4 — испаритель; 5 — фильтр; 6 — топливный жиклер; 9 — изоляционная шайба; 10 — изоляционная втулка; 11 — нагреватель; 12 — корпус свечи; 13 — основание клапана; 14 — гильза; 15 — якорь; 16 — катушка; 17 — сердечник; 18 — штекер; 19, 23 — выводы; 20 — защитный кожух; 21 — спираль добавочного резистора; 22 — биметаллическая пластина с подвижным контактом; 24 — изолятор; 25 — неподвижный контакт

отвращает затухание пламени при увеличении скорости воздушного потока во впускном трубопроводе после пуска двигателя.

Электромагнитный топливный клапан (рис. 3.12, б) открывает подачу топлива к факельным штифтовым свечам при подключении катушки 16 к аккумуляторной батарее. При отключении электромагнитный клапан закрывается под действием пружины. Топливо к электромагнитному клапану подводится из системы питания дизеля.

Термореле (рис. 3.12, в) имеет контакты и биметаллическую пластину 22, расположенные внутри спирали 21 добавочного резистора. По мере прогрева за счет теплоты, выделяемой добавочным резистором, биметаллическая пластина деформируется и замыкает контакты реле. Добавочный резистор уменьшает силу тока во время предварительного нагрева штифта факельной свечи и замыкается накоротко в момент включения стартера.

Электрофакельное устройство обеспечивает предварительный нагрев факельных штифтовых свечей до температуры 1000... 1100 °С перед включением стартера. Спирали свечей подключены к аккумуляторной батарее через добавочный резистор и термореле с кнопочным выключателем электрофакельного устройства. Во время предпускового прогрева свечей выключатель приборов находится в положении «Включено». В конце прогрева факельных свечей замыкаются контакты термореле. Напряжение подается на электромагнитный топливный клапан и контрольную лампу, сигнализирующую о готовности электрофакельного устройства к пуску двигателя. При включении стартера выключателем приборов подкачивающий насос подает топливо через открытый электромагнитный клапан к факельным свечам.

После пуска двигателя выключатель приборов и стартера переводят в положение «Выключено», стартер отключается, но электрофакельное устройство продолжает работать как в период предпускового прогрева, если оставить включенной кнопку выключателя. Для защиты факельных штифтовых свечей от перегрева при работе двигателя в режиме холостого хода после пуска, когда в связи с работой генератора повышается напряжение на выводах свечей, в схеме предусмотрено реле отключения обмотки возбуждения генератора.

Устройства для подачи пусковой жидкости получили широкое распространение при пуске для облегчения воспламенения при использовании легковоспламеняющихся жидкостей, которые содержат компоненты с низкой температурой самовоспламенения и отличаются большим разнообразием составов. Пусковая

жидкость «Арктика» состоит из диэтилового эфира (45...60 %) с температурой самовоспламенения 180...205 °С, газового бензина (35...55 %), изопропилнитрата (1...1,5 %), различных промежуточных продуктов окисления (до 10 %) и противоизносных, противозадирных и антиокислительных присадок (примерно 2,5 %). В состав пусковой жидкости «Холод Д-40» входят диэтиловый эфир (58...62 %), изопропилнитрат (13...17 %) и масло для судовых газовых турбин (8...12 %).

Пусковая жидкость подается непосредственно в цилиндры двигателя вместе с основным топливом или с помощью специальных приспособлений во впускной трубопровод. Второй способ удобнее и экономичнее. Работа устройства для подачи пусковой жидкости во впускной трубопровод основана на пневматическом или механическом распыливании жидкости и ее дальнейшем испарении. Использование пусковой жидкости и маловязкого загущенного масла позволяет обеспечивать пуск двигателя при температуре до -30°C при вращении коленчатого вала с частотой 40...55 мин⁻¹.

Автоматическое управление подачей пусковой жидкости возможно в устройствах, основанных на аэрозольном распыливании. Аэрозольное пусковое приспособление с электромагнитным приводом приведено на рис. 3.13. Пусковая жидкость находится под давлением в аэрозольном баллоне 13 с клапанным устройством. В качестве вытесняющего газа применены пропан, бутан и другие газы, давление которых незначительно зависит от температуры. Аэрозольное пусковое устройство устанавливают с помощью кронштейна 5 в отсеке двигателя в легкодоступном для смены баллона месте.

Управление приспособлением дистанционное из кабины водителя. При включении электромагнита 7 якорь перемещается вниз, нажимает эмульсионной трубкой на шток клапана аэрозольного баллона и одновременно открывает проход для аэрозоли в трубопровод 10 через пластинчатый клапан 9. К форсунке 11 распылителя, расположенной во впускном трубопроводе двигателя, аэрозоль поступает через эмульсионную трубку 6 и внутреннюю полость якоря электромагнита 7.

Один аэрозольный баллон может обеспечить 8—10 пусков двигателя при температуре -30°C . При установке в приспособление нового баллона его верхнюю часть совмещают с корпусом и прижимают к нему опорной пятой, перемещающейся по дужкам, с помощью регулировочного винта 1. Уплотнение в стыке баллона с корпусом обеспечивается резиновым уплотнителем 12.

Электрические подогреватели используют для подогрева жидкости в системе охлаждения двигателя, масла в картере, то-

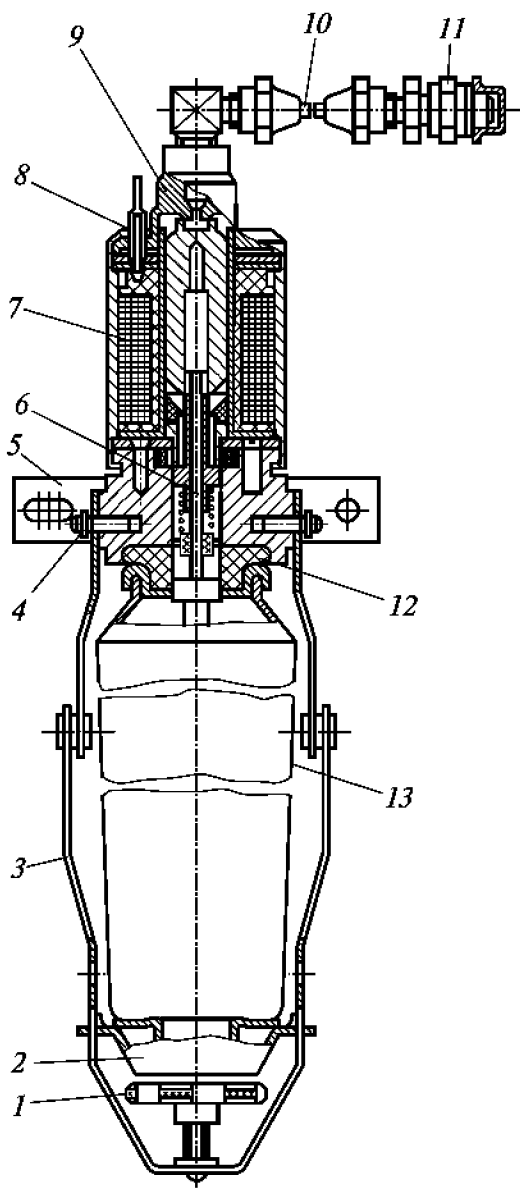


Рис. 3.13. Конструкция аэрозольного пускового устройства с электромагнитным приводом:

1 — регулировочный винт; 2 — нажимной подпятник; 3 — складывающееся крепление баллона с аэрозолем; 4 — ось крепления; 5 — кронштейн крепления; 6 — эмульсионная трубка; 7 — электромагнит; 8 — сердечник; 9 — пластинчатый клапан; 10 — трубопровод; 11 — форсунка; 12 — резиновое уплотнение; 13 — аэрозольный баллон

плива в топливной системе и электролита аккумуляторной батареи. По способу превращения электрической энергии в тепловую энергию их подразделяют на нагреватели индукционные, полупроводниковые, электродные, резисторные, инфракрасные излучатели и т. д. Наибольшее распространение получили резисторные нагреватели, однако все большее внимание уделяется полупроводниковым нагревателям.

Требованиям электробезопасности на автомобиле в наибольшей степени удовлетворяют герметичные трубчатые электронагреватели. Электронагреватель представляет собой металлическую оболочку в виде трубки из жаропрочного материала любой формы, внутри которой запрессована спираль из нихромовой про-

волокни, изолированная от оболочки наполнителем с высокой теплопроводностью (периглаз).

На двигателе установка электронагревателей не всегда возможна, поэтому их часто размещают в теплообменнике (котле). Такие теплообменники можно устанавливать вместо индивидуальных предпусковых подогревателей, работающих на жидком топливе. Для уменьшения потерь теплоты и расхода электроэнергии поверхность котла покрывают теплоизоляторами.

Разработано множество различных конструкций теплообменников и схем подогрева охлаждающей жидкости и масла. Перспективна схема, в которой нагретая жидкость из котла электрическим насосом подается в водораспределительные каналы блока цилиндров и одновременно в теплообменник, расположенный в масляном картере. Подогрев топлива осуществляется непосредственно электронагревателями или с помощью промежуточного теплоносителя.

Электронагреватели компактны, надежны в работе, обладают достаточным быстродействием, требуют минимальных затрат на обслуживание. При использовании электронагревателей возможна автоматизация процесса подогрева. Электронагреватели можно применять не только как средство предпускового подогрева двигателя, но и в течение всего периода междусуточной стоянки автомобиля. Конструкции электронагревателей моторного масла, охлаждающей жидкости и общий вид электрических подогревателей приведены на рис. 3.14.

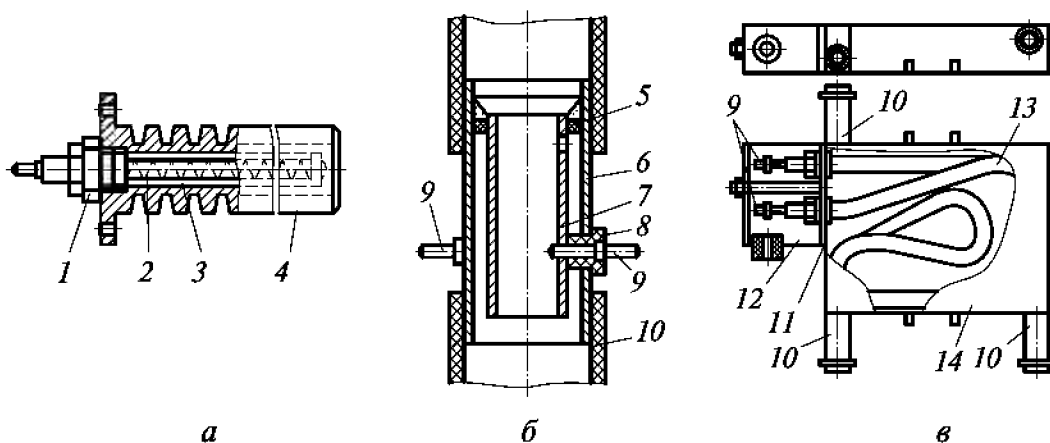


Рис. 3.14. Конструкции электрических нагревателей:

а — моторного масла; б, в — охлаждающей жидкости; 1 — изолятор с клеммой; 2 — стержень; 3 — нагревательная спираль; 4 — корпус; 5 — распорное кольцо; 6 — наружный электрод; 7 — внутренний электрод; 8 — изолятор; 9 — выводы; 10 — патрубки; 11 — прокладка; 12 — изолятор; 13 — нагревательный элемент; 14 — теплообменник

Предпусковые жидкостные и воздушные подогреватели также находят применение. Двигатель может быть оборудован индивидуальным предпусковым подогревателем. Подогрев картерного масла, блока цилиндров и подшипников коленчатого вала перед пуском позволяет уменьшить вязкость моторного масла, облегчить его прокачиваемость по смазочной системе и тем самым уменьшить момент сопротивления вращению и износ деталей двигателя при пуске. В то же время подогрев головки и стенок блока цилиндров и впускного трубопровода улучшает условия смесеобразования и воспламенения топлива и способствует снижению минимальной пусковой частоты вращения.

Индивидуальные предпусковые подогреватели отличаются по типу теплоносителя, обеспечивающего передачу теплоты двигателю, потребляемому топливу и степени автоматизации рабочего процесса. Подогреватели имеют пожаробезопасную конструкцию. Не допускается вылет пламени на выходе газов из котла в установленном режиме работы, скопление топлива в котле подогревателя, как в период розжига котла, так и после его остановки. Система предпускового подогрева двигателя с жидкостным охлаждением должна надежно работать при ее заполнении низкотемпературной жидкостью и водой.

Жидкостный подогреватель устанавливают на автомобилях для прогрева двигателя перед пуском. Жидкостный подогреватель-отопитель (рис. 3.15) обычно состоит из двух основных частей: теплообменника и горелки. Трубы теплообменника с заглушенными днищами образуют «рубашку», в которой циркулирует охлаждающая жидкость. Внутри теплообменника находится жаровая труба с завихрителем газового потока. Ввод и вывод охлаждающей жидкости, а также выпуск отработавших газов осуществляется через патрубки, приваренные к трубе теплообменника. Воспламенение и сгорание топливовоздушной смеси происходит в камере сгорания 7 подогревателя. Первоначально воспламенение топливовоздушной смеси осуществляется свечой (накаливания или искрового зажигания) 3, напряжение (батареи или высокое) поступает от электронного блока 2. Топливо к горелке подается топливным дозирующим насосом 13 и распыливается форсункой. Расход топлива регулируется редукционным клапаном топливного насоса. В электромагнитном клапане и в форсунке предусмотрены фильтры тонкой очистки. Электромагнитный топливный клапан конструктивно объединен со штатной электрической свечой и установлен на горелке.

Воздух под напором подается в горелку вентилятором 1. Для обеспечения циркуляции жидкости между котлом подогревателя

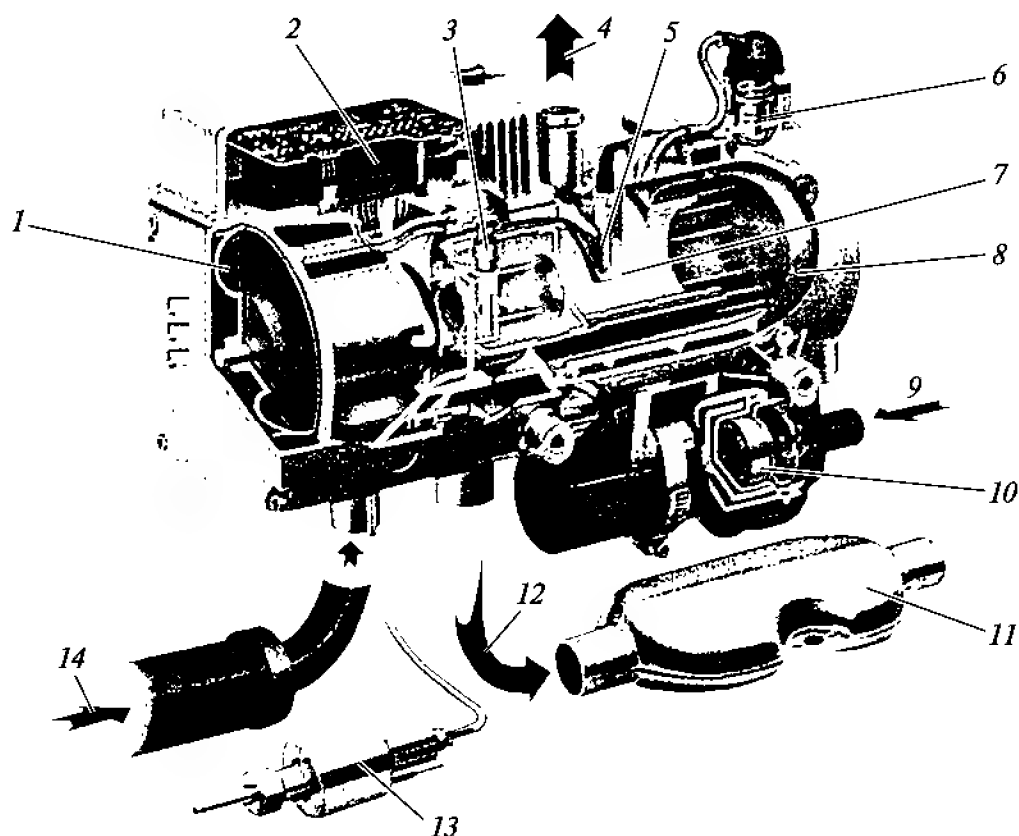


Рис. 3.15. Жидкостный подогреватель фирмы «Эберспехер» (Германия):

1 — крыльчатка вентилятора камеры сгорания; 2 — электронный блок управления; 3 — свеча накаливания; 4 — выход нагретого антифриза; 5 — датчик температуры; 6 — датчик перегрева; 7 — камера сгорания; 8 — теплообменник; 9 — вход холодной охлаждающей жидкости; 10 — насос; 11 — глушитель отработавших газов; 12 — выход отработавших газов; 13 — топливный дозирующий насос; 14 — воздух, всасываемый для камеры сгорания

и водяной рубашкой блока цилиндров в предпусковой период в насосный агрегат включен гидравлический насос 10. Привод гидравлического, воздушного и топливного насосов осуществляется от одного электродвигателя.

В воздушном отопителе (рис. 3.16) всасываемый воздух нагревается в теплообменнике 7 от теплоты реакции горения в камере сгорания 8. Циркуляция нагретого воздуха осуществляется вентилятором теплообменника. Воспламенение происходит от свечи накаливания 4, управляемой электронным блоком 2, который обеспечивает также автоматическое управление подачей топлива через форсунку.

Электронная система управления подогревателя-отопителя состоит из блока управления подогревателем, высоковольтного ис-

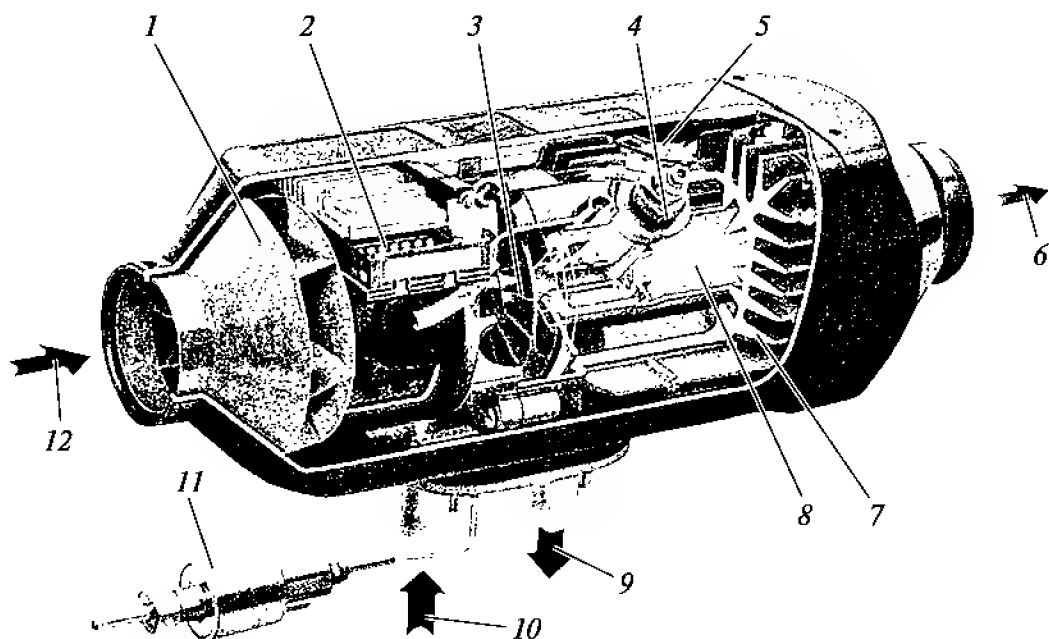


Рис. 3.16. Воздушный отопитель фирмы «Эберспехер» (Германия):

1 — крыльчатка вентилятора теплообменника; 2 — электронный блок управления; 3 — крыльчатка вентилятора камеры сгорания; 4 — свеча накаливания; 5 — датчик перегрева; 6 — выход нагретого воздуха; 7 — теплообменник; 8 — камера сгорания; 9 — выход отработавших газов; 10 — воздух, всасываемый для камеры сгорания; 11 — топливный дозирующий насос; 12 — вход воздуха для нагрева

точника напряжения, электродвигателя вентилятора, электромагнитного клапана, электродвигателя циркуляционного насоса, электронного терморегулятора, таймера, фоторезистора, датчика температуры, реле включения циркуляционного насоса, выключателя жидкостного крана, разрядника (свечи), предохранителей, контрольных ламп и соединительных колодок.

Циркуляционный насос обеспечивает циркуляцию охлаждающей жидкости. Для включения циркуляционного насоса без розжига подогревателя-отопителя служит реле с выключателем.

В подогревателях-отопителях используют как механические, так и электромагнитные топливные насосы.

При работе жидкостного подогревателя-отопителя вместе с обычным обогревателем кабины электродвигатель может включаться с помощью специального переключателя. Для включения электродвигателя служит датчик температуры. По сигналам терморегулятора электродвигатель обычного отопителя включается и выключается в зависимости от температуры воздуха в кабине.

Возможны два варианта включения подогревателей: с одним электродвигателем, управляемым специальным переключателем,

и с двумя электродвигателями, управляемыми дополнительным переключателем.

Электронный терморегулятор и таймер устанавливаются в кабине, а остальные элементы системы управления — непосредственно на подогревателе-отопителе или в нем.

Электронная система управления обеспечивает:

- включение и выключение подогревателя-отопителя и его работу в автоматическом режиме;
- включение подогревателя в заданное время по сигналу таймера;
- принудительное выключение подогревателя-отопителя в случае срыва пламени или при предельно допустимом значении температуры жидкости в теплообменнике (100...115 °С).

Большинство моделей жидкостных подогревателей-отопителей рассчитаны на постоянную мощность. Только отдельные подогреватели выполнены двухрежимными: полной и частичной мощности. Режим частичной мощности более экономичен и применяется в условиях, когда не требуется полная мощность.

Позисторные подогреватели перспективны благодаря их способности к саморегулированию по предельной, заранее заданной температуре, что обеспечивает пожарную безопасность и энергетическую экономичность.

Применяются позисторные нагреватели для карбюраторных двигателей (нагреватели бензиновоздушной смеси) и для дизелей. Для отечественных грузовых автомобилей предназначен комплект позисторных подогревателей, состоящий из нагревателя заборника топлива, нескольких нагревателей топливопровода, нагревателя фильтра тонкой очистки топлива в топливной системе и нагревателя аккумуляторной батареи.

В системе подогрева аккумуляторных батарей в качестве нагревателей используются позисторные модули, встраиваемые в каждый аккумуляторный элемент батареи, благодаря чему обеспечивается равномерный нагрев всей батареи.

Сопротивление позистора многократно повышается при достижении какой-то заданной температуры. При этом резко падает его энергопотребление и автоматически стабилизируется температура.

В пакетной конструкции нагревателя (рис. 3.17) позистор помещается между двумя токопроводящими пластинами 4 и 6, одновременно выполняющими функции теплообменников. Две поло-

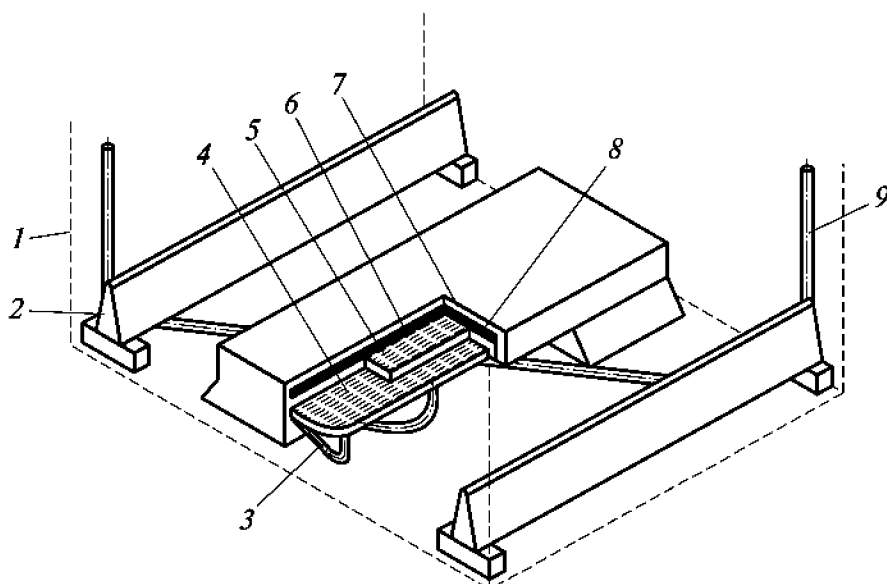


Рис. 3.17. Позисторный подогреватель для аккумуляторных батарей:

1 — контуры аккумуляторного элемента; 2 — призмы на дне моноблока; 3 — петля подводящего провода; 4, 6 — токоподводящие пластины; 5 — позистор; 7 — корпус нагревателя; 8 — скоба; 9 — электропровода

сти конструкции заполняются теплопроводящим герметиком. Вся конструкция заливается специальным компаундом, полимеризация которого производится при высокой температуре в вакууме. На токопроводящие провода для защиты от электролита надеваются дополнительные полиэтиленовые чехлы.

Энергопотребление позисторного нагревателя пакетной конструкции на одну аккумуляторную батарею емкостью 190 А·ч (шесть нагревателей) составляет менее 300 Вт при комнатной температуре и напряжении электропитания 29,2 В. Сила пускового тока в течение 4 с составляет 40 А, а среднее значение силы тока не превышает 11 А, при этом температура электролита не превышает 45 °С после третьего часа работы.

3.4. ИСПЫТАНИЯ СТАРТЕРОВ

К контролируемым параметрам стартеров, которые обычно приводят в технической документации, относятся:

- частота вращения якоря и потребляемый ток через 30 с после включения в режиме холостого хода при номинальном напряжении питания;

- тормозной момент, напряжение на силовых выводах и потребляемый ток в режиме полного торможения;
- напряжение включения тягового реле при установке между шестерней и упором привода стартера определенной толщины;
- падение напряжения на силовых выводах реле на каждые 100 А тока нагрузки стартера и режим номинальной мощности с измерением крутящего момента, частоты вращения якоря и силы тока при температуре элементов конструкции стартера $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Эти параметры стартера определяются при кратковременном режиме работы с длительностью включения до 10 с при температуре 20°C , а при отрицательных температурах допускается продолжительность его работы до 15 с для карбюраторных двигателей и до 20 с для дизелей.

Испытания по определению контролируемых параметров проводят на специальных стендах при питании стартера от источника постоянного тока, имеющего заданную внешнюю характеристику. Тормозной момент на валу стартера создается с помощью рычага, один конец которого сцеплен с шестерней привода стартера, а другой с динамометром, измеряющим тормозной момент.

На рис. 3.18 представлена электрическая схема измерений параметров стартера в режиме номинальной мощности, холостого хода и полного торможения.

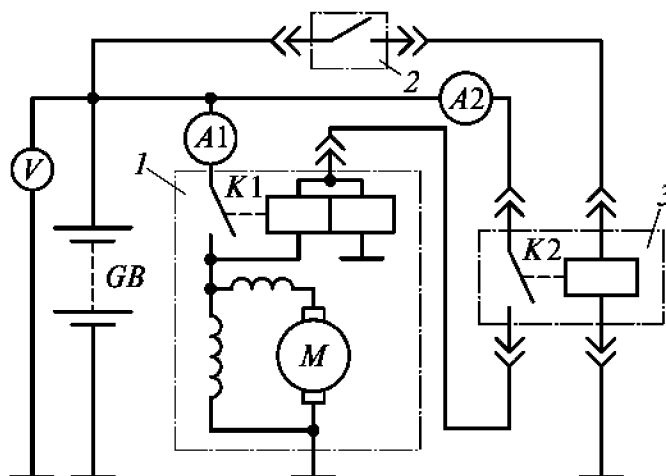


Рис. 3.18. Электрическая схема измерения электрических параметров стартера:

1 — стартер; 2 — выключатель зажигания; 3 — дополнительное реле; GB — аккумуляторная батарея; K1 — двухобмоточное реле; K2 — контакты дополнительного реле; M — якорь; V — вольтметр; A1, A2 — амперметры

Поскольку электродвигатель стартера работает при силе тока 130...1500 А, он очень быстро нагревается и параметры его изменяются. Измерение рабочей характеристики стартера при температуре окружающей среды $t_{\text{окр}} = (20 \pm 5)^\circ\text{C}$ занимает очень большой промежуток времени (для мощных стартеров до 12 кВт примерно 6 ч). В связи с этим в настоящее время рабочие характеристики стартера измеряются на автоматическом нагрузочном стенде с управлением от персонального компьютера — время измерения на таком стенде не более 10 с. Стенд представляет собой балансирную машину с тиристорным управлением. Испытываемый стартер устанавливают на стенд, у которого на валу балансирной машины находится маховик двигателя, для которого этот стартер предназначен. Стартер питается от источника постоянного тока с характеристикой стартерной аккумуляторной батареи. В момент подачи питания на силовые клеммы стартера, он шестерней привода входит в зацепление с маховиком. Через него он раскручивает вал балансирной машины, у которой автоматически меняется ток возбуждения, а следовательно, и момент сопротивления на валу. В течение 10 с происходит автоматическое изменение нагрузки на стартер и измерение тока, потребляемого стартером; крутящего момента; напряжения на силовых клеммах; частоты вращения якоря. Одновременно фиксируется напряжение срабатывания тягового реле. На печатающем устройстве или мониторе воспроизводятся замеры через каждые 50 А или 100 А потребляемого тока. На экране дисплея высвечивается рабочая характеристика стартера $n_{\text{ст}} = f(I)$; $M_2 = f(I)$; $U_{\text{ст}} = f(I)$ и характеристика $P_2 = f(I)$.

3.5. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СТАРТЕРА И УСТРОЙСТВ ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ХОЛОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Проверка технического состояния стартеров в эксплуатации производится с помощью диагностического оборудования непосредственно на двигателе или на специальных стендах при снятии стартера с двигателя. Перед проверкой стартера диагностическим оборудованием необходимо проверить техническое состояние аккумуляторной батареи, поскольку от этого зависят характеристики стартера. В процессе диагностирования двигатель прокручивают стартером с измерением потребляемой силы тока

и напряжения бортовой сети. По значениям этих параметров определяют техническое состояние стартера. Основным диагностическим оборудованием для контроля исправного состояния стартера является мотор-тестер, который позволяет измерить силу тока в режиме холостого хода стартера и частоту вращения вала якоря.

На стенде после снятия стартера с двигателя проверка его технического состояния осуществляется в следующих режимах испытаний:

- режим полного торможения якоря стартера, когда его частота вращения равна нулю, а крутящий момент максимален. Если значения силы тока и крутящего момента ниже нормы, то это указывает на плохой контакт между коллектором и щетками. Повышение силы тока, потребляемого стартером, выше допустимого при снижении крутящего момента указывает на замыкания в обмотках возбуждения или в обмотке якоря на «массу»;
- режим холостого хода без нагрузки, когда измеряется частота вращения вала якоря и сила тока, потребляемая стартером. По этим величинам оценивают качество сборки и исправность механических частей стартера. При неисправностях увеличивается сила потребляемого тока и снижается частота вращения вала якоря.

В процессе эксплуатации при каждом техническом обслуживании № 1 (ТО-1) проверяют крепление стартера к двигателю и надежность затяжки контактов проводов на электрических выводах тягового реле. После определенного пробега автомобиля при очередном техническом обслуживании № 2 (ТО-2) или при подготовке к зимней эксплуатации рекомендуется стартер снимать с двигателя. Например, стартер 29.3708 следует снимать при пробеге 45 тыс. км, а стартер 25.3708 — 150 тыс. км. После снятия стартер очищают от грязи и проводят следующие операции обслуживания:

- отсоединяют защитный кожух стартера, осматривают коллектор, который должен иметь гладкую рабочую поверхность без следов загрязнения и подгорания. Загрязненную поверхность протирают чистой ветошью, смоченной в бензине. Подгоревший или окисленный коллектор зачищают мелкозернистой шкуркой со стеклянным покрытием, затем продувают сжатым воздухом. При значительных износах или подгаре коллектора стар-

тер разбирают, и коллектор протачивают на токарном станке;

- проверяют подвижность щеток, которые должны перемещаться в щеткодержателе свободно, без заедания. Остаточная высота щеток должна быть для большинства стартеров не менее 10 мм;
- проверяют крепление щеткодержателя к крышкам стартера;
- через окно в передней крышке стартера проверяют подвижность механизма привода, который должен легко перемещаться по валу якоря и возвращаться в исходное положение силой возвратной пружины. При затрудненном перемещении привода доступную часть вала очищают от грязи и покрывают пластичной смазкой ЦИАТИМ-201, -202, -203;
- осматривают шестерню привода на наличие сколов и выкрашиваний на зубьях. При значительных следах их износа стартер разбирают и заменяют дефектные детали;
- проверяют осевой люфт вала якоря, который должен быть не более 1 мм;
- осматривают крышки стартера на наличие трещин, дефектные крышки заменяют;
- если тяговое реле разборной конструкции, то снимают его крышку и осматривают силовые болты на наличие следов износа или подгорания. При необходимости их зачищают мелкозернистой шкуркой. При значительном износе силовые контактные болты поворачивают на 180° , а контактный диск — другой стороной к контактными болтам.

После устранения неисправностей и последующей сборки стартер регулируют. В стартерах с роликовой муфтой свободного хода регулировочным винтом устанавливают расстояние *A* (рис. 3.19, *a*) между торцом шестерни и упорным кольцом на валу реле. Для включения тягового реле к соответствующей клемме и корпусу присоединяют батарею и регулируют расстояние *B* в пределах 3...5 мм. Регулирование тягового реле осуществляют, вывинчивая или завинчивая винт в якорек реле. Для освобождения винта необходимо снимать палец-ось, соединяющий винт с рычагом перемещения привода.

В некоторых стартерах расстояние B регулируют в пределах 3...5 мм поворотом эксцентричной оси стопорной гайкой. В выключенном положении тягового реле шестерню привода устанавливают на расстоянии 34 мм от привалочной плоскости фланца крышки со стороны привода.

В стартерах типа 29.3708, 35.3708 и 42.3708 для автомобилей ВАЗ механизм привода не регулируют. При сборке стартеров расстояние A должно быть порядка 21,3...21,5 мм.

При регулировании стартера большой мощности с храповичной муфтой свободного хода при втянутом якоре реле расстояние между шайбой и втулкой привода должно быть в пределах 0,5...1,5 мм (рис. 3.19, б). Для контроля этого размера между шестерней привода и шайбой устанавливают прокладку толщиной 6 мм и включают тяговое реле. Контрольной лампой, соединенной со второй клеммой реле, и шайбой толщиной 2,5 мм контролируют момент замыкания контактных болтов. Если лампа не загорится, что означает незамкнутые контакты, то производят регулирование с помощью поворота эксцентриковой оси рычага привода, на которой имеется диск с двумя отверстиями. После установки регулировочного диска в новое положение снова проверяют регулировку реле стартера.

В табл. 3.2 представлены причины возникновения основных неисправностей стартеров в эксплуатации, способы их диагностирования и устранения.

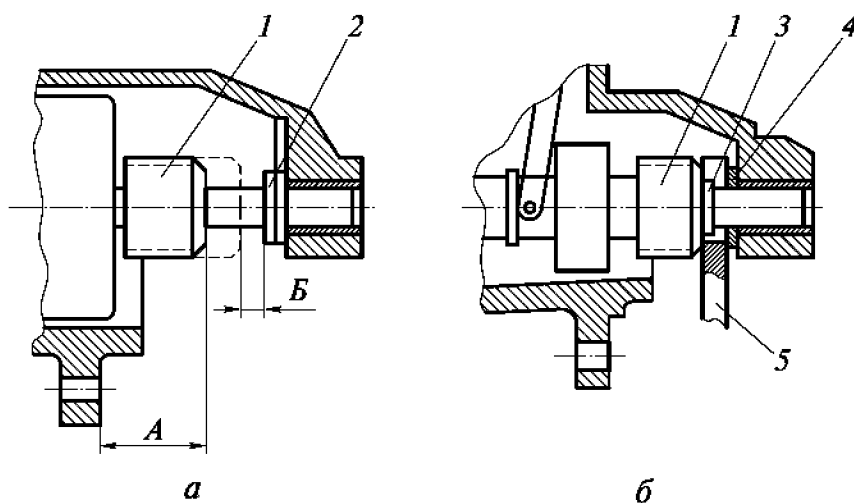


Рис. 3.19. Регулирование стартеров с роликовыми (а) и храповичными (б) муфтами свободного хода:

1 — шестерня привода; 2 — упорное кольцо; 3 — втулка привода; 4 — упорная шайба; 5 — прокладка; А — расстояние от привалочной плоскости корпуса до торца шестерни привода; Б — расстояние между торцом шестерни и упорным кольцом

Таблица 3.2. Причины возникновения основных неисправностей стартеров, способы их диагностирования и устранения

Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Стартер и тяговое реле не включаются</i>		
Неисправна или сильно разряжена аккумуляторная батарея	Определяют степень разрядки аккумуляторной батареи по плотности электролита или нагрузочной вилкой	Неисправную аккумуляторную батарею заменяют на новую
Нарушены контакты в соединениях, обрыв проводов в цепях электрооборудования или управления стартером	Определяют тестером или вольтметром целостность цепей и соединений наконечников	При необходимости затягивают наконечники, поврежденные провода заменяют
Нарушена работа дополнительного реле, выключателя зажигания	Подключают стартер непосредственно к аккумуляторной батарее. При исправной работе стартера неисправно реле или выключатель зажигания	Неисправные элементы заменяют или ремонтируют
Неисправно тяговое реле из-за обрыва обмоток, межвиткового замыкания во втягивающей обмотке, замыкания ее на «массу», заедания или смещения контактного диска реле	Если при замыкании контактных болтов тягового реле дополнительно проводом стартер работает, то тяговое реле неисправно	Отказавшее разборное реле ремонтируют, неразборное реле меняют на исправное
Короткое замыкание в обмотках стартера	Контрольной лампой или тестером проверяют обмотки стартера	Ремонтируют стартер

Тяговое реле включается, но якорь стартера не вращается или вращается медленно			
Сильно разряжена аккумуляторная батарея	По плотности электролита определяют степень разрядки аккумуляторной батареи	Аккумуляторную батарею заряжают до нормы	
Плохой контакт на выводах аккумуляторной батареи, слабо затянуты гайки на контактных болтах тягового реле	Проверяют надежность крепления на выводах аккумуляторной батареи и клеммах тягового реле проводки	Обнаруженные дефекты крепления устраняют	
Нарушения в работе контактного диска тягового реле	Замыкают болты тягового реле дополнительным проводом, если стартер работает, то неисправно реле	Ремонтируют или заменяют тяговое реле	
Сильное загрязнение или окисление коллектора стартера	Определяют визуальным осмотром коллектора	Зачищают коллектор мелкозернистой шкуркой со стекляннным покрытием или протачивают на токарном станке. Замасленный коллектор протирают ветошью, смоченной в бензине	
Тяговое реле включается, но якорь стартера не вращается			
Сильный износ или «зависание» щеток	Проверяют надавливанием на щетки со стороны коллектора	Ремонтируют щеточный узел	
Замыкание на «массу» щеточного узла	Проверяют контрольной лампой или тестером	Устраняют причину замыкания	

Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Тяговое реле включается, но якорь стартера не вращается или вращается медленно</i>		
Ослабление пружин щеткодержателя	Проверяют усилие прижатия пружин динамометром	При необходимости меняют пружины
Замыкание на «массу» или межвитковые замыкания обмоток возбуждения и якоря	Контрольной лампой или тестером проверяют наличие замыкания обмоток на «массу»	Ремонтируют стартер, при необходимости заменяют якорь или обмотки возбуждения
Заклинивание якоря	Проверяют вольтметром или контрольной лампой, подсоединенной к аккумуляторной батарее. Сильное падение напряжения показывает, что якорь задевает за полюса	Ремонтируют или заменяют стартер
Плохой контакт в цепи электропитания стартера	Место плохого контакта определяют тестером	Обнаруженный дефект устраняют
Выход из строя электрической части выключателя зажигания	Проверяют контрольной лампой или тестером	Неисправную электрическую часть выключателя заменяют
Обрыв или плохой контакт удерживающей обмотки тягового реле	То же	Ремонтируют реле
<i>Стартер включается, но коленчатый вал двигателя не вращается</i>		
Пробуксовывание муфты свободного хода	Проверяют вручную	При необходимости муфту заменяют

Тугое перемещение механизма привода по винтовым шлицам вала якоря стартера	Проверяют вручную легкость перемещения привода по валу	При необходимости шлицы смазывают
Поломка рычага приводного механизма	Проверяют на разобранном стартере	При необходимости рычаг меняют
Поломка поводковой муфты или пружины между ней и муфтой свободного хода	То же	Неисправные детали муфты меняют
<i>Стартер включается, но шестерня привода не входит в зацепление с зубьями маховика</i>		
Между поводковой и обгонной муфтами ослабли пружины	Проверяют на разобранном стартере	Заменяют пружины при ремонте стартера
Наличие забоин на зубьях шестерни стартера или венца маховика	Определяют визуально	Ремонтируют стартер или венец маховика
Заедание механизма привода на валу якоря	Проверяют вручную	Очищают шлицы и смазывают смазкой ЦИАТИМ-201, -202, -203
<i>Стартер после пуска двигателя не выключается</i>		
Заедание ключа в замке зажигания	Останавливают двигатель, выключают стартер	Ремонтируют или заменяют выключатель зажигания
Заедание механизма привода на валу якоря стартера	То же	Очищают шлицы и смазывают смазкой ЦИАТИМ-201, -202, -203
Спекание силовых контактов тягового реле	То же	Тяговое реле ремонтируют или заменяют

Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Повышенный шум при вращении якоря стартера</i>		
Ослабление крепления стартера к двигателю	Проверяют крепление стартера	При необходимости подтягивают гайки и болты крепления
Поломка крышки со стороны привода	Проверяют вручную	Заменяют крышку
Повреждение зубьев шестерни привода или венца маховика	Проверяют визуально	Меняют привод или ремонтируют венец маховика
Выход из строя механизма привода или его тугое перемещение по шлицам вала якоря	Проверяют вручную	Неисправный механизм привода меняют, шлицы очищают от грязи и смазывают
Износ подшипников или шеек вала якоря	Проверяют на разобранном стартере	Заменяют втулку или якорь
Перекос стартера при установке на двигатель	Определяют визуально	Устраняют перекос

Таблица 3.3. Причины возникновения основных неисправностей устройств облегчения пуска холодного двигателя, способы их диагностирования и устранения		
Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Стрелка амперметра при включении устройства или системы зашкаливает, а вольтметра — находится в «оранжевой» или «белой» зоне</i>		
Замыкание нагревательного элемента на «массу» из-за повреждения герметизирующей манжеты и замыкания спирали на «массу»	Отсоединяют провод, идущий на свечу накаливания ЭФУ, что исключает возможность его замыкания на «массу». Отсутствие зашкаливания стрелки амперметра или стрелка вольтметра в «оранжевой» зоне свидетельствует о неисправности свечи. Измеряют сопротивление свечи, оно должно быть около 0,1 Ом. Вывернутую свечу накаливания надежно закрепляют в приспособлении и не прикасаясь к нагревательному элементу подключают на 1...2 мин к источнику постоянного тока с напряжением, указанным на свече. Через 7...20 с свеча должна накалиться, в противном случае она неисправна	Неисправную свечу заменяют на исправную или ремонтируют
Замыкание на «массу» электрических проводов, термореле, реле блокировки	Проверяют состояние изоляции подводящих проводов и обмоток реле, проверяют их работу тестером или мультиметром Отсоединяют провода, соединяющие кнопочный выключатель с выводом термореле. Прекращение зашкаливания стрелки амперметра или выхода стрелки вольтметра из «оранжевой» зоны свидетельствует о замыкании спирали термореле	Провода с поврежденной изоляцией и неисправное реле меняют Неисправное термореле меняют на новое

Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Стрелка амперметра или вольтметра не меняет своего положения при включении устройства</i>		
Перегорание свечей или отсутствие контакта в цепи электроснабжения	Включают электрофакельное устройство и проверяют напряжение на выводах элементов, начиная со штифтовых свечей. В случае искровых свечей зажигания проверяют на выходе высоковольтного изолятора искровой разряд на воздушном зазоре 2... 3 мм	Неисправные элементы электрофакельного устройства меняют на новые. Нарушения контакта в цепи электроснабжения устраняют
<i>Наличие паров топлива при отсутствии факела</i>		
Недостаточная температура нагревательных элементов или отсутствует искровой разряд	Проверяют время загорания контрольной лампы	Неисправное термореле меняют на новое
Высокое переходное сопротивление в цепи электроснабжения от батареи	Проверяют надежность контактных соединений в цепи питания от выводов аккумуляторной батареи до «+» электрофакельного устройства	Зачистить клеммы аккумуляторной батареи и затянуть и смазать смазкой Литол-24
Недостаточное напряжение аккумулятора	Проверяют состояние аккумулятора батареи по плотности электролита	Разряженную аккумуляторную батарею заряжают или ремонтируют

Таблица 3.4. Причины возникновения неисправностей жидкостных подогревателей, способы их диагностирования и устранения		
Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Подогреватель не запускается</i>		
Отсутствует напряжение питания подогревателя	Проверяют тестером последовательно цепь питания	Обнаруженные обрывы или сгорание предохранителя устраняют
Вышел из строя коллектор или щетки электродвигателя вентилятора	Проверяют визуально при разборке подогревателя	При необходимости меняют электродвигатель или щетки
Обрыв в цепи питания электрического насоса	Проверяют, подключив насос непосредственно к аккумуляторной батарее. Если он работает, то произошел обрыв в цепи	Обнаруженный обрыв цепи устраняют
Разрядилась аккумуляторная батарея	Проверяют плотность электролита плотномером	При необходимости аккумуляторную батарею заряжают до нормы
<i>Отсутствует воспламенение, нет сгорания, блок управления автоматически выключается</i>		
Недостаточная подача топлива	Проверяют работоспособность топливного насоса	При необходимости доливают топливо в топливную систему, ремонтируют насос
Электромagnet не открывается	Проверяют термopедохранитель, цепь питания электромагнита	Включают предохранитель, обнаруженный разрыв цепи устраняют
Топливный насос не подает топливо	Проверяют привод насоса	При необходимости топливный насос меняют

Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
Дизельное топливо застыло в трубопроводе при низких температурах	Проверяют поступление топлива в форсунку	Меняют топливо на зимнее, продувают трубопровода
Засорилась форсунка	Проверяют по поступлению топлива	При необходимости форсунку меняют
Неплотности в соединениях топливopовода, через которые насос всасывает воздух	Проверяют визуально по подтекам топлива	Уплотняют соединения топливopовода
Отсутствует напряжение зажигания от высоковольтного источника	Проверяют образование искры на воздушном зазоре 2...3 мм	При необходимости меняют высоковольтный источник или блок управления
Неправильно установлены электроды зажигания	Проверяют величину зазора между электродами	При необходимости зазор регулируют по инструкции
Избыток воздуха для горения	Проверяют положение дроссельной заслонки	Регулируют подачу воздуха по инструкции
<i>Подогреватель отсрабатывает от терморегулятора</i>		
Недостаточное количество жидкости в системе охлаждения двигателя	Определяют по уровню жидкости в расширительном бачке	При необходимости доливают охлаждающую жидкость в систему
Неисправен выносной термовыключатель	Проверяют тестером	При необходимости меняют термовыключатель

<i>Горение в камере сгорания некачественное с выделением из газоотводящей трубы густого дыма</i>		
Избыток топлива, загрязнение форсунки, топливо подается под углом меньше (80+10)°	Проверяют работу форсунки по внешнему виду струи	Форсунку меняют, если ее струя не отвечает требованиям
Неполное сгорание топлива	Проверяют по наличию нагара на фотоэлементе	Прочищают воздушный патрубок
Плохое распыливание топлива	—	Меняют форсунку
Низкая частота вращения вала вентилятора из-за низкого напряжения питания или износа щеток	Проверяют плотность электролита в аккумуляторной батарее	При необходимости аккумуляторную батарею заряжают или меняют электродвигатель
Выпускной патрубок забит продуктами сгорания и сажей	Проверяют визуально	Очищают патрубок от сажи
<i>При работе подогревателя из выхлопной трубы появляется голубой дым</i>		
Недостаток топлива	Проверяют состояние фильтра	Промывают фильтр
Засорилась форсунка	Проверяют визуально	Меняют форсунку
Избыток воздуха для горения	Проверяют положение заслонки воздухозаборника	Регулируют положение заслонки по инструкции
<i>Недостаточная теплопроизводительность подогревателя</i>		
В камере сгорания образовался нагар, в теплообменнике — накипь на стенках	Проверяют визуально при разборке подогревателя	Очищают от нагара камеру сгорания и от накипи — теплообменник
<i>При работе подогревателя слышен сильный шум в корпусе горелки</i>		
Износ подшипников электродвигателя или зубчатой передачи	Проверяют при разборке подогревателя	Ремонтируют электродвигатель путем замены подшипника

Причины основных неисправностей устройств облегчения пуска холодного двигателя, их диагностирование и устранение приведены в табл. 3.3.

Основные причины неисправностей жидкостных подогревателей, их диагностирование и устранение приведены в табл. 3.4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков принцип работы системы электропуска?
2. Объясните назначение основных узлов стартера.
3. Какие приводные механизмы стартера вы знаете?
4. Чем отличаются схемы управления стартером?
5. Какие системы возбуждения используются в стартерах?
6. Какие средства существуют для облегчения пуска холодного двигателя внутреннего сгорания?
7. Каковы основные элементы конструкции у жидкостных подогревателей?
8. Какова электрическая схема измерения рабочей характеристики стартера?
9. Нарисуйте рабочую характеристику стартера.
10. Какие основные параметры стартера вы знаете?
11. Как работает электрофакельное устройство и какие элементы определяют его работу?
12. Для чего применяется пусковая жидкость?
13. Как испытывают стартеры при производстве и в эксплуатации?
14. Каким образом диагностируют стартеры в эксплуатации?
15. Перечислите основные неисправности стартеров и способы их устранения.
16. Перечислите неисправности устройств облегчения пуска двигателя.

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

4.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В любом щеточном генераторе в соответствии с явлением электромагнитной индукции происходит преобразование механической энергии, которую автомобильный генератор получает от двигателя внутреннего сгорания через ременную передачу, в электрическую. Явление электромагнитной индукции заключается в изменении магнитного потока, пронизывающего катушку с витками из проводящего материала, например, медного провода, и появлением электрического напряжения на выводах катушки. Оно равно произведению числа ее витков на скорость изменения магнитного потока. Ряд таких катушек образует в генераторе обмотку статора. Возможны два варианта изменения магнитного потока: по направлению и величине. Первый обеспечивается в щеточной конструкции вентильного генератора, второй — изменение магнитного потока только по величине — в индукторном бесщеточном генераторе. Для образования магнитного потока достаточно пропустить через катушку электрический ток. Эта катушка образует *обмотку возбуждения*. Сталь, в отличие от воздуха, хорошо проводит магнитный поток. Поэтому основные узлы генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, состоят из стальных участков и медных обмоток. В обмотке возбуждения при протекании в ней электрического тока создается магнитный поток, а в фазной обмотке статора возникает электрический ток при изменении этого потока.

Разные обмотки с магнитопроводом образуют *статор* — главную неподвижную часть, а обмотка возбуждения с полюсной системой, валом и контактными кольцами составляют главную вращающуюся часть — *ротор*.

Питание обмотки возбуждения осуществляется от источника постоянного тока, от аккумуляторной батареи или от самого генератора. В последнем случае его первоначальное напряжение образуется за счет остаточного магнитного потока, который создается стальными частями ротора даже при отсутствии тока в обмотке возбуждения. Этого напряжения достаточно для появления электрического тока в обмотке возбуждения, в результате чего магнитный поток усиливается и возникает лавинный процесс возбуждения генератора. Однако самовозбуждение генератора происходит на довольно высоких частотах вращения ротора. Поэтому в схему генераторной установки, у которой обмотка возбуждения не соединена с аккумуляторной батареей, вводят такое соединение через контрольную лампу мощностью 2...3 Вт. Небольшой ток, поступающий через эту лампу в обмотку возбуждения, обеспечивает возбуждение генератора на низких частотах вращения ротора.

При работе генератора напротив катушек статора проходит то южный, то северный полюс ротора, при этом направление магнитного потока, пронизывающего катушку, изменяется, что вызывает появление в ней переменного напряжения. Частота этого напряжения f зависит от частоты вращения ротора n и числа пар полюсов p генератора:

$$f = pn/60.$$

У всех автомобильных генераторов отечественного производства и, за редким исключением, генераторов зарубежных фирм имеется шесть пар полюсов, при этом частота переменного тока в обмотке статора, выраженная в герцах (Гц), в 10 раз меньше частоты вращения ротора генератора.

С учетом передаточного числа ременной передачи i от двигателя к генератору частота переменного тока определяется соотношением

$$f = 0,1n_{\text{дв}}i,$$

где $n_{\text{дв}}$ — частота вращения вала двигателя; i — передаточное отношение.

Следовательно, по частоте переменного тока генератора можно измерять частоту вращения коленчатого вала двигателя, что используется в реальных схемах подключением тахометра или любого другого устройства, реагирующего на частоту вращения коленчатого вала, к выводу фазной обмотки статора.

Обмотка статора как отечественных, так и зарубежных генераторов — трехфазная, состоит из трех обмоток фаз, токи и напряжения в которых смещены на 120 эл. град.

Фазы могут соединяться «звездой» или «треугольником». При этом различают фазные и линейные напряжения и токи. Фазные напряжения действуют между выводами обмоток фаз, а фазные токи протекают в этих обмотках. Линейные напряжения действуют между проводами, соединяющими обмотку статора с выпрямителем. В этих проводах протекают линейные токи.

При соединении «треугольником» фазные токи в 3 раза меньше линейных, при соединении «звездой» линейные и фазные токи равны. Это означает, что при том же отдаваемом генератором токе ток в обмотках фаз при соединении «треугольником» значительно меньше, чем при соединении «звездой». Поэтому в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение «треугольник», так как при меньших токах обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейное напряжение у «звезды» в 3 раза больше фазного, в то время как у «треугольника» они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора соединение «треугольником» требует соответствующего увеличения числа витков его фаз по сравнению с соединением «звездой».

Более тонкий провод можно применять и при соединении типа «звезда». В этом случае обмотку выполняют из двух параллельно соединенных обмоток, каждая из которых соединена в «звезду», т. е. соединением «двойная звезда».

Выпрямитель генератора (рис. 4.1, а) содержит для трехфазной системы шесть силовых полупроводниковых диодов, три из которых (*VD1*, *VD3*, *VD5*) соединены с выводом «+» генератора, а три (*VD2*, *VD4*, *VD6*) с выводом «–» («массой»). Однако стремление повысить мощность генератора привело к увеличению числа диодов выпрямителя до восьми и применению дополнительного плеча выпрямителя на диодах *VD7*, *VD8*, показанного на рис. 4.1, а пунктиром.

Такая схема выпрямителя может иметь место только при соединении обмоток статора «звездой», так как дополнительное плечо соединено с «нулевой» точкой «звезды».

Подключение обмотки возбуждения к собственному выпрямителю на диодах *VD9*—*VD11* препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля.

Полупроводниковые диоды находятся в открытом состоянии и не оказывают существенного сопротивления прохождению тока при приложении к ним напряжения в прямом направлении и практически не пропускают ток при обратном направлении.

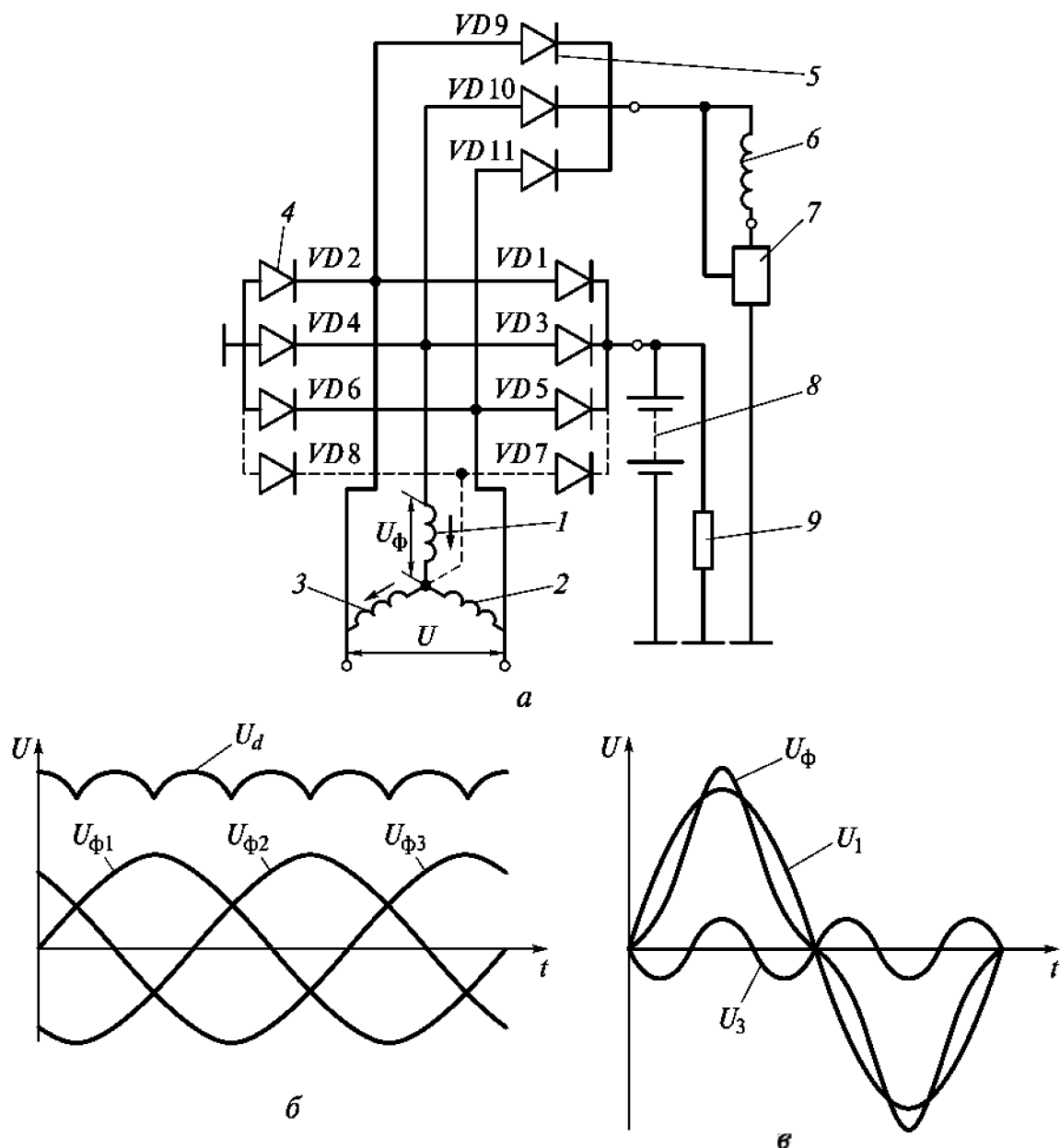


Рис. 4.1. Принципиальная схема и графики изменения напряжений генераторной установки:

а — схема: 1, 2, 3 — обмотки фаз статора; 4 — диоды силового выпрямителя; 5 — диоды выпрямителя обмотки возбуждения; 6 — обмотка возбуждения; 7 — регулятор напряжения; 8 — аккумуляторная батарея; 9 — нагрузка; VD1—VD11 — выпрямительные диоды; *б* — графики изменения напряжения: фазного $U_{\Phi 1}$, $U_{\Phi 2}$, $U_{\Phi 3}$ и выпрямленного U_d ; *в* — графическое представление фазного напряжения U_Φ в виде суммы синусоид первой U_1 и третьей гармоник U_3

По графику фазных напряжений (рис. 4.1, б) можно определить, какие диоды открыты и какие закрыты в данный момент времени. Фазное напряжение $U_{\Phi 1}$ действует в обмотке первой фазы, $U_{\Phi 2}$ — второй, $U_{\Phi 3}$ — третьей. Эти напряжения изменяются по

кривым, близким к синусоиде, и в одни моменты времени они положительные, в другие отрицательны.

Если положительное направление напряжения в фазе принять по стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное — от нее, то, например, для момента времени t_1 , когда напряжение второй фазы отсутствует, первой фазы — положительно, а третьей — отрицательно, направление напряжений фаз соответствует стрелкам на рис. 4.1, а.

Фазные и выпрямленное напряжения (соответственно $U_{\phi 1}$, $U_{\phi 2}$, $U_{\phi 3}$, U_d) определяют протекание тока через обмотки, диоды и нагрузку в направлениях этих стрелок. При этом в момент времени 0 открыты диоды $VD1$, $VD4$. Рассмотрев любые другие моменты времени, можно убедиться, что диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление: от вывода «+» генераторной установки к ее выводу «-», т.е. в нагрузке протекает постоянный ток. Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают, аналогично питая выпрямленным током эту обмотку. В выпрямитель обмотки возбуждения входят также шесть диодов, но три из них — $VD2$, $VD4$, $VD6$ — общие с силовым выпрямителем. Ток в обмотке возбуждения значительно меньше, чем ток, отдаваемый генератором в нагрузку. Поэтому в качестве диодов $VD9$ — $VD11$ применяют малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на силу тока не более 2 А.

Плечо выпрямителя, содержащее диоды $VD7$, $VD8$, вступает в работу только в том случае, если фазные напряжения генератора отличаются от синусоиды, что имеет место в реальных генераторах. Напряжение на выходе фазных обмоток можно представить в виде суммы синусоид, называемых *гармоническими составляющими* или *гармониками* — первой, частота которой совпадает с частотой фазного напряжения, и высшими, главным образом третьей, частота которой в 3 раза выше, чем первой. Представление реальной формы фазного напряжения в виде суммы двух гармоник (первой и третьей), показано на рис. 4.1, в.

Известно, что в линейном напряжении, т.е. в напряжении, которое проводами подводится к выпрямителю и выпрямляется, третья гармоника отсутствует. Это объясняется тем, что третьи гармоники всех фазных напряжений совпадают по фазе, т.е. одновременно достигают одинаковых значений и при этом взаимно уравниваются и взаимно уничтожают друг друга в линейном напряжении.

Таким образом, третья гармоника напряжения в фазном напряжении присутствует, а в линейном нет. Следовательно, мощность,

развиваемая третьей гармоникой фазного напряжения, не может быть использована потребителем. Чтобы потребители могли использовать эту мощность, добавлены диоды *VD7* и *VD8*, подсоединенные к нулевой точке обмоток фаз, т.е. к точке, где сказывается действие фазного напряжения. Таким образом, диоды выпрямляют только напряжение третьей гармоники фазного напряжения. Применение этих диодов увеличивает номинальную мощность генератора. Выпрямленное напряжение U_d (см. рис. 4.1, б) носит пульсирующий характер. Применение дополнительного плеча на диодах *VD7*, *VD8* усугубляет глубину пульсации. Однако наличие аккумуляторной батареи, которая является своеобразным фильтром, сглаживает напряжение в бортовой сети автомобиля, при этом ток в аккумуляторной батарее имеет пульсирующий характер.

4.2. ГЕНЕРАТОРЫ

Конструкции генераторов. В вентильном щеточном генераторе (рис. 4.2) магнитный поток создается обмоткой возбуждения *13* при протекании по ней электрического тока и системой полюсов *10*, *14*. В автомобильных генераторах их, как правило, двенадцать. Полюса с обмоткой возбуждения, контактные кольца, через которые ток подводится к обмотке возбуждения, вал и некоторые другие конструктивные элементы образуют вращающийся ротор.

Обмотка *11*, в которой вырабатывается электрический ток, уложена в пазы неподвижного магнитопровода — сердечника *2*. Вместе с магнитопроводом она представляет собой статор (якорь). Обмотка *11* статора состоит из трех независимых обмоток фаз. Наиболее распространенные автомобильные генераторы имеют 36 пазов. В каждой обмотке фаз имеется по шесть катушек, включенных последовательно. Если обмотка фазы образована из двух параллельных ветвей, то в каждой ветви расположено по шесть катушек. Обмотки соединяют между собой «звездой» или «треугольником».

Сердечник *2* статора вентильного генератора набран для уменьшения нагрева от вихревых токов из стальных листов толщиной 1 мм. Листы сварены между собой по наружной поверхности в четырех местах в монолитную конструкцию. На внутренней поверхности сердечника расположено 36 пазов, которые заполнены обмоткой статора. Обмотка изолирована от стенок паза полиэтилен-терефталатной пленкой или пленкокартоном.

Обмотка статора — трехфазная. Каждая обмотка состоит из двух групп, имеющих по шесть последовательно включенных ка-

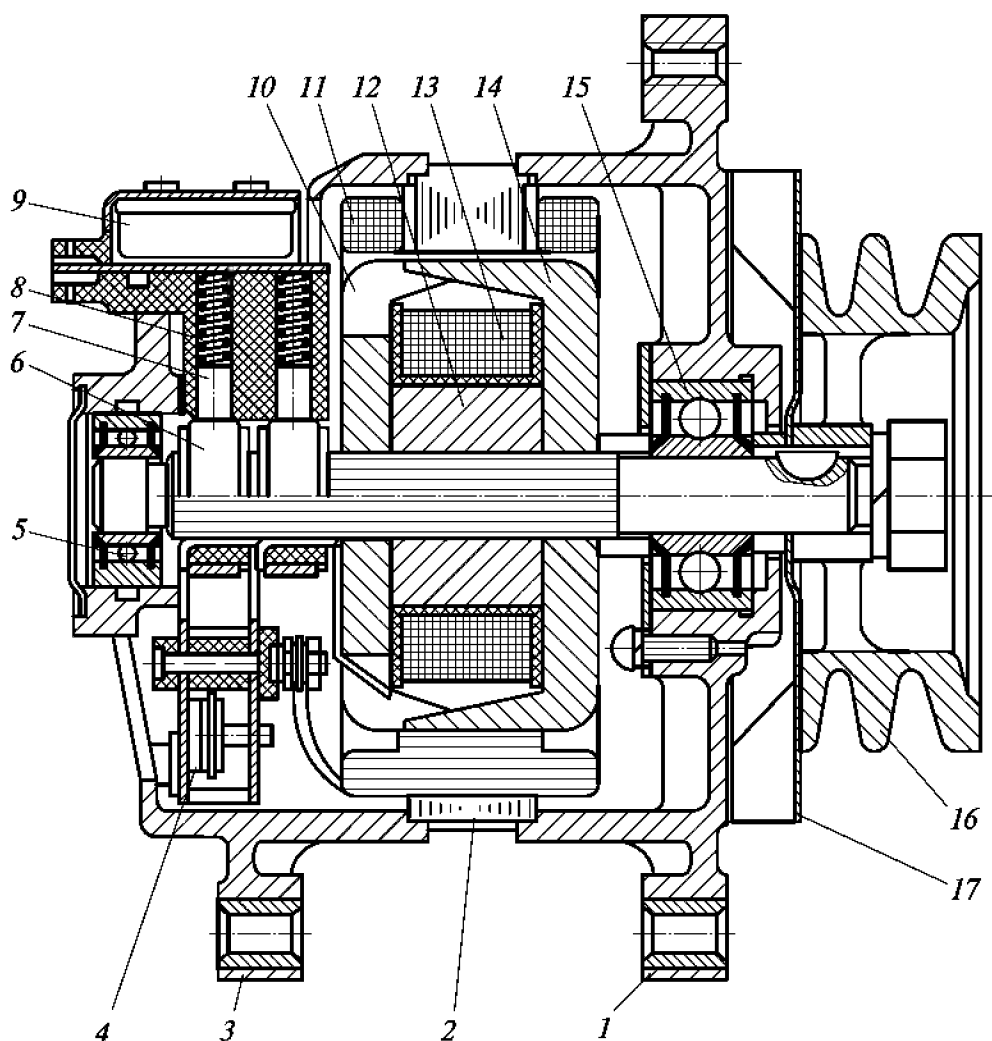


Рис. 4.2. Конструкция вентильного генератора:

1 — передняя крышка; 2 — сердечник статора; 3 — задняя крышка; 4 — выпрямитель; 5, 15 — шарикоподшипники; 6 — контактные кольца; 7 — щетка; 8 — щеткодержатель; 9 — регулятор напряжения; 10, 14 — клювообразные полюсные половины ротора; 11 — обмотка статора; 12 — втулка; 13 — обмотка возбуждения; 16 — шкив; 17 — вентилятор

тушек. Группы соединены между собой параллельно. Катушки выполнены из теплостойкого обмоточного провода и расположены в пазах статора с расстоянием между сторонами одной катушки (шаг по пазам) в три паза. Катушки в пазах закреплены шнуром, забитым по особой схеме (в основном через два паз в третий).

Статор в сборе пропитан электроизоляционным лаком. Пазы статора изолированы пленкоэлектрокартоном, полиэтилентерефталатной пленкой или напылением изоляции, обмотки выполняются проводами ПЭТ-200, ПЭТД-180, ПЭТВМ, ПЭСВ-3 и др. Схемы намотки фазных обмоток могут быть различными.

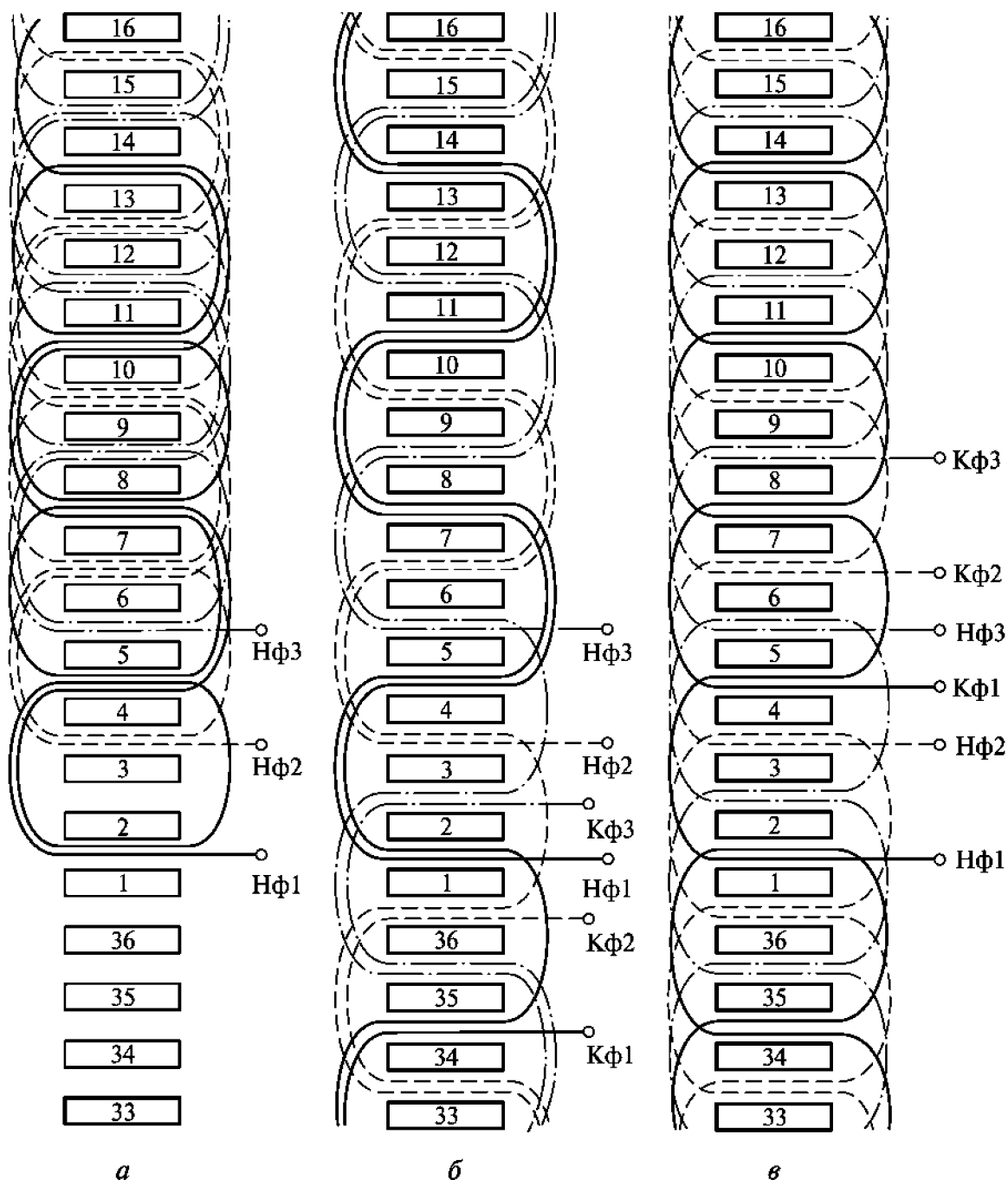


Рис. 4.3. Схемы обмоток статора:

а — петлевая распределенная обмотка; *б* — волновая сосредоточенная; *в* — волновая распределенная; Нφ1—Нφ3 — начала фазных обмоток; Кφ1—Кφ3 — концы фазных обмоток; 1—36 — пазы статора; ———— — первая фаза; - - - - - вторая фаза; - · - · - · - третья фаза

У распределенной обмотки (рис. 4.3, *а*) секция разбивается на две полусекции, исходящие из одного паза, причем одна полусекция отходит влево, другая вправо. Петлевая обмотка имеет секции или полусекции в виде катушек с лобовыми соединениями по обе

стороны пакета статора, волновая (рис. 4.3, б, в) напоминает волну, так как ее лобовые соединения расположены поочередно то с одной, то с другой стороны статора. Соединение фаз производится, как правило, в «звезду», однако автоматическая намотка провода большого сечения затруднена, поэтому в генераторах повышенной мощности применяют соединение в «треугольник» или две «звезды» параллельно («двойная звезда»).

Сердечник 2 статора (см. рис. 4.2) закреплен в генераторе между двумя крышками 1 и 3, выполненными из алюминиевого сплава и стянутыми болтами. В крышке со стороны привода между двумя стальными фланцами зажата наружная обойма шарикоподшипника 5, не требующего пополнения смазочного материала при эксплуатации. На наружном фланце над втулкой шкива имеется выступ, благодаря чему образуется своеобразный лабиринт, препятствующий попаданию пыли и грязи в подшипник.

На крышке помещена шпилька с резьбой для закрепления планки натяжения ремня. Со стороны контактных колец 6 на крышке смонтированы интегральный регулятор напряжения 9, с встроенным в него щеткодержателем, выпрямительный блок 4, помехоподавляющий конденсатор и все выводы генератора. Интегральный регулятор напряжения прикреплен к крышке винтами. В направляющих отверстиях щеткодержателя, выполненного из пластмассы, установлены две щетки 7, прижатые к контактным кольцам пружинами.

Выпрямительный блок 4 крепится к крышке тремя изолированными от нее болтами. К этим же болтам подключены выводы трех обмоток фаз генератора. Блок содержит силовой и дополнительный выпрямители, диоды которого размещены в пластмассовой подковке.

Выпрямительные узлы, применяющиеся в автомобильных и тракторных генераторах, разделяются на два типа: пластины-теплоотводы, в которые запрессовываются или к которым припаиваются диоды, пластины с загерметизированными кремниевыми переходами или сильно оребренные конструкции с припаиваемыми диодами таблеточного типа.

Типичный отечественный выпрямительный блок БПВ11-60 генератора 37.3701, блоки генераторов фирм Bosch (Германия), Nippon Denso (Япония), относящиеся к первому типу, а также блок генераторов фирмы Magneti Marelli (Италия) второго типа вместе с применяющимися на них диодами приведены на рис. 4.4.

В выпрямительных блоках отечественных генераторов используют диоды Д104-20, Д104-25 и Д104-35, рассчитанные на макси-

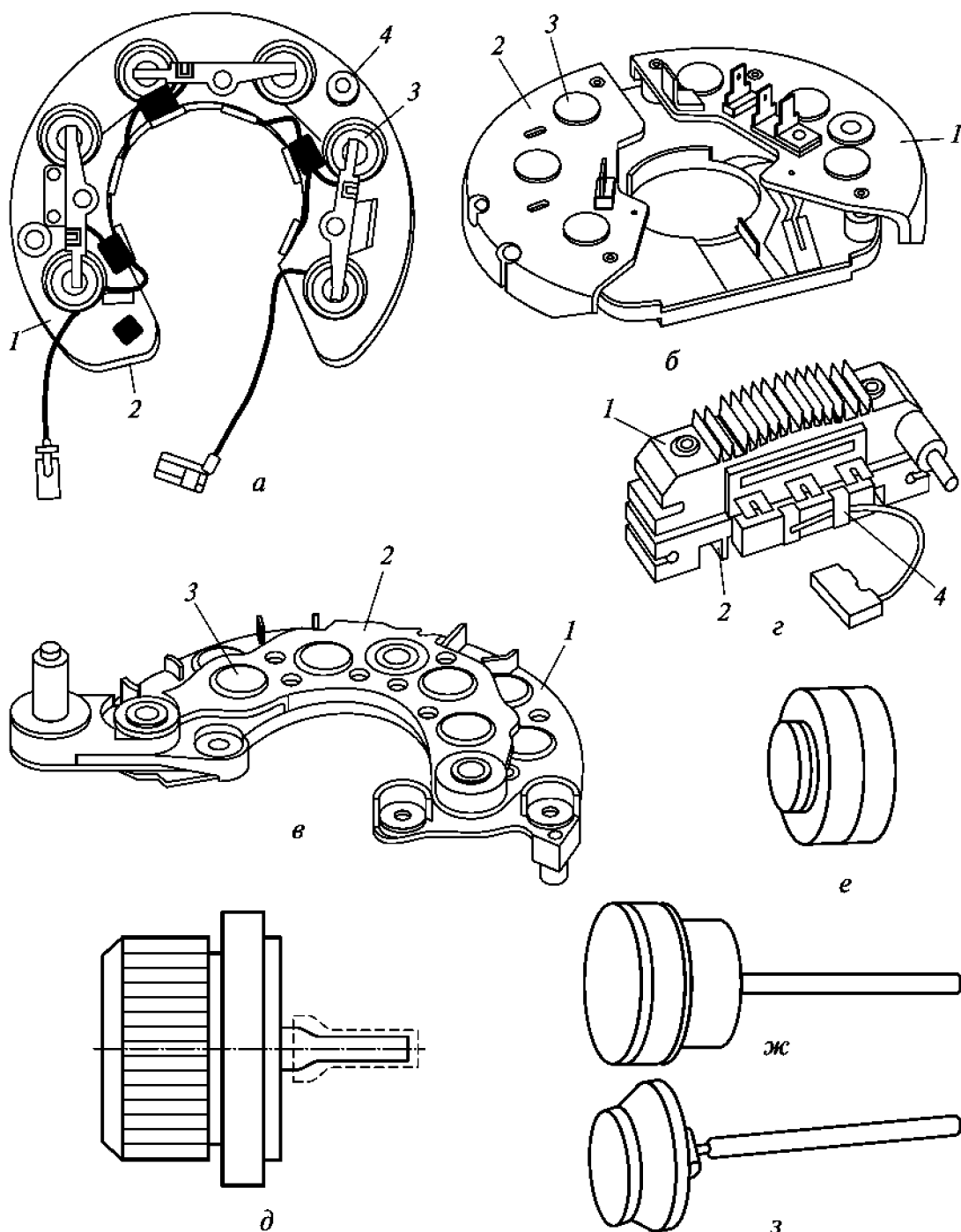


Рис. 4.4. Выпрямительные блоки генераторов:

а, б, в, г — выпрямительные блоки соответственно БПВ 11-60 генератора 37.3701; генераторов Bosch (Германия), Nippon Denso (Япония), Magneti Marelli (Италия); *д, е, ж, з* — соответственно диоды этих блоков; 1 — положительный теплоотвод; 2 — отрицательный теплоотвод; 3 — диоды основного выпрямителя; 4 — диоды дополнительного выпрямителя

мально допустимые токи 20; 25 и 35 А соответственно или их аналоги, имеющие такие же размеры и характеристики, в последних конструкциях — силовые стабилитроны. Стабилитроны применяются в основном там, где на генераторы установлены регуляторы с микросхемой на монокристалле кремния или с использованием полевых транзисторов.

Диоды и стабилитроны выполнены в корпусе диаметром 12,77 мм (в модификациях с анодом или катодом на корпусе для запрессовки в отрицательный или положительный теплоотвод). В трехфазных генераторах максимальный ток генератора не должен превышать утроенную величину максимально допустимого тока через диод, установленный в выпрямителе. Если это происходит, применяют параллельное включение диодов или выпрямителей. В дополнительном выпрямителе устанавливаются диоды на ток 2 А. Основные технические характеристики выпрямительных блоков, наиболее широко применяющихся в отечественных генераторах, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Технические параметры выпрямительных блоков генераторов					
Тип блока	Тип генератора	Номинальное напряжение, В	Максимальная сила выпрямленного тока, А	Сила обратного тока, мА, при напряжении 150 В	Число диодов
БПВ 6-50-02	Г221А, Г222	14	50	3	6
БПВ8-100	Г286, Г289	14 и 28	100	10	12
БПВ 7-100-02	3812.3701, Г287	14 и 28	100	10	12
БПВ 11-80	37.3701	14	60	5	9
БПВ 46-65-02	32.3701	14	65	5	6
БПВ 4-60-02	29.3701	14	60	5	6
БПВ 45-65-02	58.3701	14	65	5	6
БПВ 62-100-Т2	955.3701	14	65	5	15
БПВ 35-65-02	16.3701	14	65	5	6
БПВ 24-45	Г273	28	45	5	6
БПВ 56-65	Г221А, Г222	14	65	5	6
БПВ 76-80-02	94.3701	14	80	5	11

В выступе крышки 3 (см. рис. 4.2) расположен шарикоподшипник 5. Чтобы наружная обойма подшипника не проворачивалась в гнезде, что обуславливает перегрев подшипника, выработку гнезда, и, следовательно, выход подшипника из строя, в проточку выступа вставлено резиновое кольцо. В генераторах компактной конструкции с этой же целью может применяться пластмассовый стаканчик.

Ротор генератора состоит из двух полюсных половин 10 и 14, в каждой из которых находится по шесть клювообразных полюсов и полувтулка. Цилиндрическая обмотка возбуждения 13, намотанная теплоустойчивым проводом на каркас, размещена между полюсными половинами так, что после их напрессовки на вал торцовые части полувтулок оказываются соединены встык. Концы обмотки возбуждения генератора выведены на медные контактные кольца, расположенные на валу ротора. На валу ротора генератора закреплены шкив его привода и центробежный вентилятор для охлаждения фазных обмоток и обмотки возбуждения генератора. Детали шкива и вентилятора, штампованные из стального листа, сварены между собой и с втулкой шкива.

Генератор имеет три вывода: «30» — силовой вывод «+» генератора в виде винта, закрепленного на положительном теплоотводе выпрямителя; «61» — вывод «+» дополнительного выпрямителя обмотки возбуждения; вывод *B* регулятора напряжения. Последние два вывода выполнены в виде штекеров. Для снижения уровня радиопомех, излучаемых генератором, на его крышке со стороны контактных колец закреплен конденсатор, подключенный к выводу «30».

Генератор может не иметь встроенного интегрального регулятора напряжения, тогда в нем предусмотрен вывод «67» обмотки возбуждения для подключения к регулятору. Полюсная система генератора может состоять и из трех частей: двух полюсных половин и втулки, на которой закреплена обмотка возбуждения. В схемах генераторов могут отсутствовать дополнительный выпрямитель и вывод средней точки обмотки статора. Вместо шпильки для закрепления натяжной планки часто применяется отверстие в натяжном ушке крышки.

Генераторы различаются по способу охлаждения. Воздушное охлаждение генератора производится с помощью вентилятора, расположенного перед корпусом генератора до приводного шкива, или внутри корпуса двумя вентиляторами, расположенными на роторе в случае воздушного охлаждения внутренней полости генератора. Для организации водяного охлаждения бесщеточного генератора он имеет водяную рубашку, в которую через патрубки

поступает охлаждающая жидкость из системы охлаждения двигателя.

На легковых автомобилях повышенной проходимости типа ВАЗ-2121 «Нива» на крышку генератора со стороны контактных колец установлен заборник воздуха, обеспечивающий подачу незагрязненного воздуха. При этом вывод «30» («+») генератора удлинен и перенесен на воздухозаборник: специальный контактный болт с одной стороны навернут на вывод генератора. Остальные выводы выполнены гибким проводом через уплотнительную прокладку в заборнике воздуха.

У генераторов легковых автомобилей значительную проблему составляет вентиляционный и магнитный шум. Для уменьшения магнитного шума клювы полюсной системы имеют небольшие скосы по краям, или применяют специальное немагнитное противошумовое кольцо, расположенное под острыми краями клювов и приваренное к ним. Кольцо предотвращает колебания клювов ротора и излучение звука.

Вентиляционный шум снижают применением генераторов компактной конструкции (рис. 4.5), у которых вентиляторы расположены внутри и приварены к торцам ротора 13, состоящего из двух полюсных половин и втулки, на которой расположена обмотка возбуждения. Малый диаметр внутренних вентиляторов 3 позволяет увеличить частоту вращения ротора и снизить габаритные и весовые показатели генератора. Компактная конструкция генератора потребовала применения нового привода с поликлиновой ременной передачей и со шкивом 1, который обычно изготавливают методом раскатки. Поликлиновой привод позволяет увеличить передаточное отношение до 3, что повышает качество питания электропотребителей. В щеточный узел 7 встроен интегральный регулятор нового поколения на монокристалле кремния в металлостеклянном корпусе. Контактные кольца 9 и щеткодержатель 7 расположены вне внутренней полости генератора. Выпрямительный блок 10 и щеткодержатель 7 закрыты кожухом 8, под которым расположен и помехоподавляющий конденсатор. Для предотвращения проворачивания подшипника со стороны контактных колец в посадочное место крышки 6 помещают пластмассовые стаканчики 12, резиновые кольца, гофрированные стальные пружины и т. п.

Существенным недостатком генераторов, выполненных по конструктивной схеме с контактным узлом, состоящим из электрических щеток и колец, через которые к вращающейся обмотке возбуждения подводится ток, является недолговечность щеточного

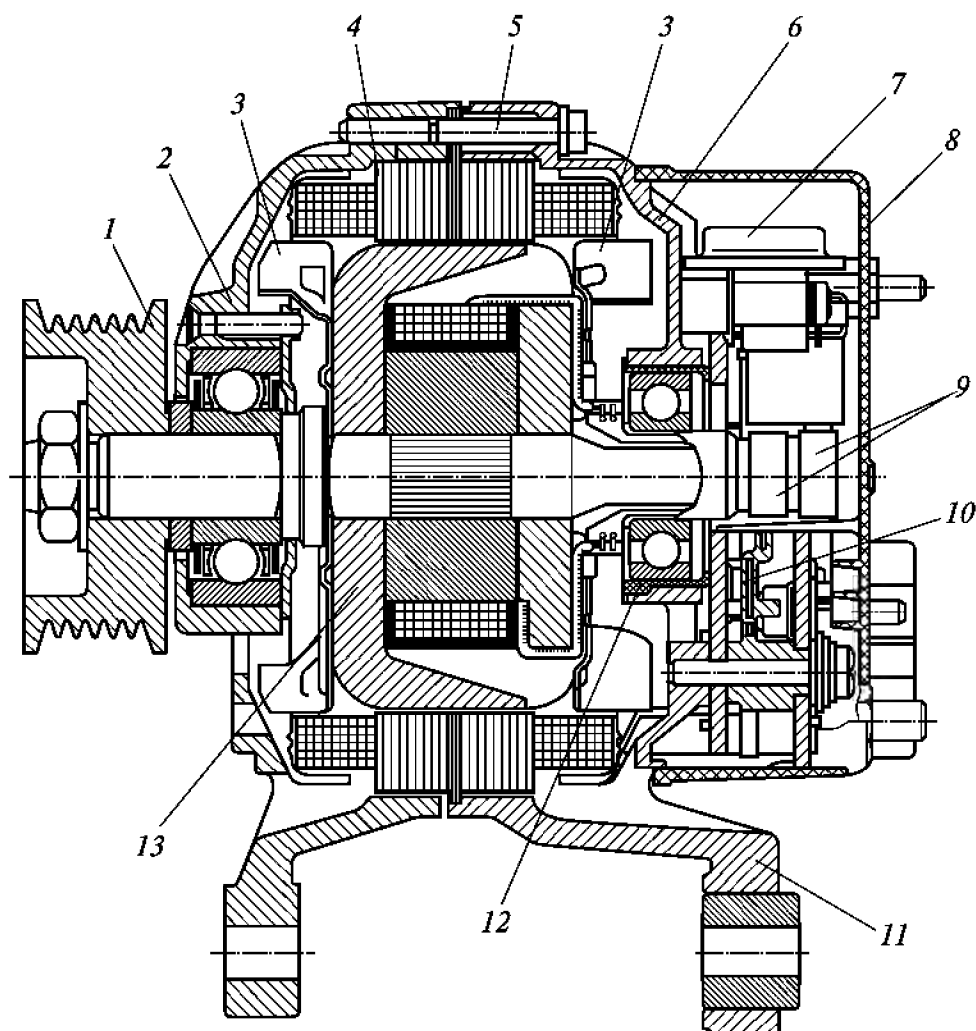


Рис. 4.5. Генератор компактной конструкции:

1 — шкив; 2, 6 — соответственно передняя и задняя крышки; 3 — внутренние вентиляторы; 4 — статор в сборе; 5 — стяжной винт; 7 — щеткодержатель в сборе с интегральным регулятором напряжения; 8 — защитный кожух; 9 — контактные кольца; 10 — выпрямительный блок; 11 — крепежная лапа; 12 — пластмассовый стаканчик посадки подшипника в крышку; 13 — ротор в сборе

узла. Узел этот подвержен изнашиванию. Пыль, грязь, топливо и масло, попадая на контактный узел, быстро выводят его из строя.

Обозначаются генераторы, как и все изделия электрооборудования, восьмизначным числом. В начале идет порядковый номер модели — два знака (11 — первая модель, 12 — вторая модель и т. д.), третий знак означает модификацию изделия, четвертый — климатическое исполнение (1 — холодный климат, 2 — общеклиматическое, 3 — умеренный и тропический климат и т. д.). Далее — точка и номер подгруппы изделий «генератор» — 3701 и 3771. Вхо-

Таблица 4.2. Технические характеристики вентиляльных генераторов и области их применения								
Тип генератора	Тип регулятора, размещение	Область применения	Номинальное напряжение, В	Максимальная сила тока, А	Частота вращения, мин ⁻¹ , начальная/максимальная	Масса, кг	Изготовитель	
Г221А	121.3702, выносной	ВАЗ-2101, -011, -03, -06	14	42	1 150/6 000	4,47	ОАО «ЗиГ»	
Г222	Я112В1, встроенный	ВАЗ-2104, -05, -213	14	50	1 250/6 000	4,74	ОАО «ЗиГ»	
37.3701; 372.3701	17.3702; Я212А11Е, встроенные	ВАЗ-2108, -09, -099, -213, АЗЛК-21412-10	14	55	1 100/6 000	4,84	ОАО «ЗиГ»	
16.3701; 19.3701 и модификации	13.3702; 131.3702, выносные	ГАЗ-24, -3102, «ГАЗель», «Соболь», УАЗ	14	65	1 100/6 000	6,2	ОАО «ЗиГ», ОАО «АТЭ-1»	
94.3701*	Я212А11Е, встроенный	ВАЗ-2110, -2111, -2112, ГАЗ-3110	14	70...80	900...1 100/6 000	4,83	ОАО «ЗиГ»	
9432.3701* и модификации	130551 (HUCO), встроенный	Mercedes-Benz	14	70	900/6 000	5,2	ОАО «ЗиГ»	
9482.3701 и модификации	130552 (HUCO), встроенный	Volkswagen	14	70 и 90	900/6 000	5,2	ОАО «ЗиГ»	

Тип генератора	Тип регулятора, размещение	Область применения	Номинальное напряжение, В	Максимальная сила тока, А	Частота вращения, мин ⁻¹ , начальная/максимальная	Масса, кг	Изготовитель
9492.3701-01	Я215, встроенный	Nexia	14	95	900/6 000	5,07	ОАО «ЗиГ»
32.3701	201.3702, выносной	ЗИЛ-130 и др.	14	60	1 050/5 000	5,86	ОАО «АТЭ-1»
2022.3771	4202.3702, выносной	ЗИЛ-5301 «Бычок»	14	90	1 100/5 000	6,0	ОАО «АТЭ-1»
Г287К, Л	Я112А1, встроенный	Автобусы ЛАЗ и ЛиАЗ	14	80	700/5 000	10	ОАО «ЗиГ»
Г273-3701 и модификации	Я120М1, встроенный	Грузовики МАЗ, КамАЗ	28	28,45	1 050/5 000	6,34; 6,0	ОАО «ЗиГ»
65.3701 и модификации	23.3702, выносной	Автобус ЛиАЗ-5256	28	90	1 250/5 000	10,7	ОАО «ЗиГ»
6582.3701	Я120М1, встроенный	Грузовики МАЗ	28	90	1 250/5 000	9,9	ОАО «ЗиГ»

* Генераторы компактной конструкции.

дящие в состав генераторной установки регуляторы напряжения имеют номер подгруппы 3702.

Основные технические характеристики вентильных генераторов и области их применения приведены в табл. 4.2.

Технические характеристики обмоток статора и катушки возбуждения приведены в табл. 4.3.

Водяное охлаждение генераторов применяют для обеспечения более быстрого прогрева холодного двигателя после запуска и снижения выбросов углеводородов в отработавших газах. В этом случае используют бесщеточный генератор (рис. 4.6), имеющий

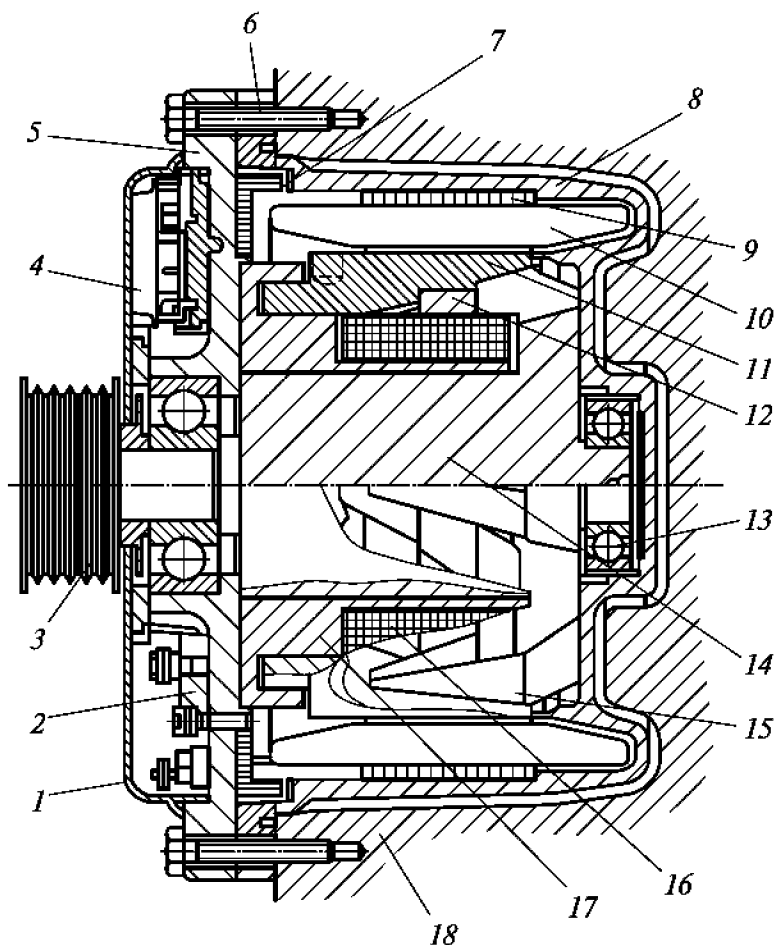


Рис. 4.6. Конструкция генератора с водяным охлаждением:

1 — защитная крышка; 2 — выпрямительный блок; 3 — шкив привода; 4 — интегральный регулятор напряжения; 5 — передняя крышка со стороны привода; 6 — винты; 7 — магнитопровод неподвижный; 8 — внутренний корпус генератора; 9 — статор; 10 — фазные обмотки; 11 — ротор; 12 — немагнитное кольцо; 13 — подшипник; 14 — вал ротора; 15 — полюс ротора; 16 — неподвижная обмотка возбуждения; 17 — магнитопровод обмотки возбуждения; 18 — рубашка генератора (между рубашкой и внутренним корпусом находится охлаждающая жидкость)

Таблица 4.3. Технические характеристики фазных обмоток и катушек возбуждения генераторов									
Тип генератора	Ток, А	Масса, кг	Номинальное напряжение, В	Обмотка статора			Обмотка возбуждения		
				Диаметр провода*, мм	Число витков катушки	Число паралельных групп в фазе	Диаметр провода*, мм	Число витков катушки	Сопротивление обмотки, Ом
37.3701	55	4,84	14	1,0	8,5	2	0,80	420-6	2,6±0,1
16.3701	65	6,2	14	1,06	9,0	2	0,93	440+10	2,5±0,1
17.3701	37	6,5	14	1,32	12,0	1	0,75	510±5	3,7±0,20
19.3701	90	10,0	14	1,4	8,0	2	0,95	544±5	3±0,15
29.3701	32	5,0	14	1,32	9,0	1	0,80	550±3	3,7±0,2
32.3701	60	5,86	14	1,06	9,0	2	0,80	550±3	3,7±0,2
38.3701	95	10,0	14	1,4	6,5	3	0,90	511±5	3,2±0,15
Г287	80	10,0	14	1,7	14,0	1	0,93	550±10	3,7±0,2
Г273-3701	45	6,0	28	1,18	20,0	1	0,80	550±3	3,7±0,2
19.3771	62	5,7	14	1,12	48,0	2	0,80	420-6	2,4...2,6
94.3701	70...80	4,83	14	1,4	36,0	2	0,80	440+10	2,5...2,6

* Диаметр провода по медной части.

водяную рубашку 18, в которую через патрубки поступает охлаждающая жидкость из системы охлаждения двигателя. Особенностью такого генератора является конструкция крепления клювообразных половин магнитной системы ротора 11, которые сварены между собой с помощью немагнитного внутреннего кольца 12. Вал ротора 14 имеет сложную конфигурацию, так как в этой конструкции генератора необходимо обеспечить магнитную связь ротора и неподвижной обмотки возбуждения 16. В принципе работа этого генератора аналогична работе щеточного генератора.

Бесщеточный генератор является индукторным генератором с неподвижной обмоткой возбуждения, ротор которого представляет собой стальную многолучевую звездочку на валу (рис. 4.7). Обмотка возбуждения 4 закреплена в стальной крышке. Магнитный поток, проходящий из ротора 2 в статор 1 через зубцы звез-

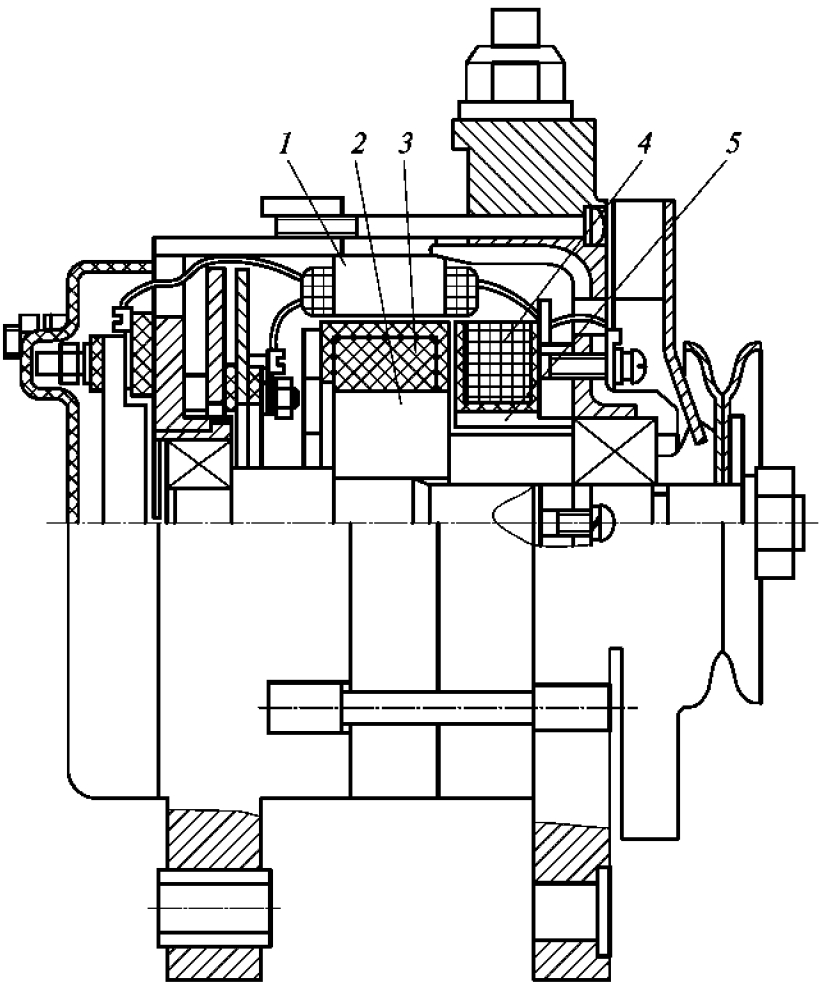


Рис. 4.7. Конструкция бесщеточного генератора:
1 — сердечник статора; 2 — ротор; 3 — постоянный магнит; 4 — обмотка возбуждения; 5 — щит обмотки возбуждения

дочки ротора, велик, а в промежутках между зубцами (по воздуху) мал. При вращении ротора напротив катушек обмоток фаз статора последовательно оказываются то зубцы, то впадины ротора. Пронизывающий их магнитный поток изменяется по величине, и в катушках появляется переменное напряжение. Для увеличения степени изменения магнитного потока и, следовательно, повышения мощности генератора во впадинах звездочки ротора закреплены постоянные магниты.

Сердечник 1 статора генератора имеет пазы, в которых расположены катушки обмотки статора, закрепленные там пазовыми клиньями. Катушки фаз соединены между собой последовательно, а фазы — в «треугольник» или, при пятифазной конструкции, в «пятиугольник». Сердечник статора зажат между двумя крышками: задней, выполненной из алюминиевого сплава, и передней. Передняя крышка стальная, поскольку она является магнитопроводом (проводит магнитный поток, образованный неподвижной обмоткой возбуждения, расположенной на втулке индуктора генератора). Индуктор фланцем прижат к торцу передней крышки.

На вал ротора генератора надеты втулка, в которую через дополнительный воздушный зазор проходит магнитный поток из втулки индуктора; звездочка пакета ротора с шестью зубцами, набранная из стальных листов; алюминиевый фланец, в выступах которого, расположенных между зубцами пакета ротора, залиты постоянные магниты. Эти магниты, кроме повышения мощности генератора, обеспечивают надежное его самовозбуждение, т.е. возможность работы генератора при отключенной аккумуляторной батарее.

Подшипниковый щит 5 генератора выполнен из алюминиевого сплава. Задняя крышка стянута с ним шпильками. Выпрямительный блок расположен во внутренней полости задней крышки и закреплен на ней тремя изолированными болтами. Блок регулятора напряжения, содержащий интегральный регулятор напряжения и подстроечный резистор, расположен на наружной поверхности задней крышки и закрыт пластмассовым кожухом.

В бесщеточных генераторах для расширения диапазона скоростного режима кроме основной обмотки возбуждения применяют встречно ей включенную размагничивающую обмотку. Такое решение позволяет использовать бесщеточные генераторы на легковых автомобилях, например генератор типа 955.3701.

Зарубежные бесконтактные генераторы выполняют на базе клювообразной конструкции. Отличительная черта таких генераторов — одна полюсная клювообразная половина посажена на вал, как у обычного генератора, а другая половина в урезанном

виде приварена к ней по ключам немагнитным кольцом 12 (см. рис. 4.6). Это придает магнитопроводу ротора вид колокола.

Каркас обмотки возбуждения помещен на магнитопровод (индуктор), закрепленный на крышке генератора. Между этим магнитопроводом и полюсной системой имеется воздушный зазор. При вращении вала генератора сидящая на нем полюсная половина вместе с приваренной к ней другой полюсной половиной вращаются при неподвижной обмотке возбуждения. Это конструктивное решение позволило повысить удельную мощность генератора и применить водяное охлаждение.

Основные технические характеристики генераторов. Технические характеристики бесщеточных генераторных установок приведены в табл. 4.4.

Характеристикой холостого хода генератора (рис. 4.8, а) называют зависимость выпрямленного или фазного напряжения генератора без нагрузки при постоянной частоте вращения ротора от силы тока возбуждения I_b или магнитодвижущей силы (МДС) обмотки возбуждения $F_b = I_b w_{о.в}$ ($w_{о.в}$ — число витков обмотки возбуждения).

Для построения характеристики холостого хода рассчитывают магнитную цепь по участкам ее схемы замещения. Задаются рядом значений выпрямленного напряжения U_d , вычисляемых по формулам

$$U_d = k_{сх} k_U U_\phi; I_d = I_\phi / k_I$$

где U_d — выпрямленное значение напряжения; U_ϕ — фазное значение напряжения; $k_{сх}$ — коэффициент схемы, связывающее фазное и выпрямленное (линейное) напряжения; k_U — коэффициент выпрямления по напряжению; k_I — коэффициент выпрямления по силе тока; I_d — сила выпрямленного тока; I_ϕ — сила фазного тока.

По результатам расчетов строят характеристики (см. рис. 4.8, а) $U_d = f(F_b)$ и $U_\phi = f(F_b)$.

Токоскоростная характеристика генератора (рис. 4.8, б) — это зависимость напряжения на выходе генератора от частоты вращения ротора в режиме холостого хода и нагрузки. Характерные точки этой характеристики:

- начальная частота вращения отдачи генератора n_H ;
- сила тока в расчетной точке нагрузочной характеристики $I_{p.H}$;
- максимальная сила тока генератора при частоте вращения $5\,000\text{ мин}^{-1}$ $I_{\max}$.

Таблица 4.4. Технические характеристики бесщеточных генераторов и области их применения

Тип генератора	Тип регулятора, размещение	Области применения	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$P_{ном}, мин^{-1}$	Масса, кг	Изготовитель
46.3701 и его модификации	Я112, встроенный	Тракторы МТЗ, ТМЗ, ЮМЗ, ЛТЗ	14	60	6 000	5,5	ОАО «АЗТЭ»
95.3701	Я112-В1, встроенный	Мини-тракторы	14	50	6 000	5,3	
955.3701, 956.3701	Я112-В1, встроенный	Автомобили ВАЗ всех моделей	14	65	6 000	5,3	
959.3701	Я120-М12И, встроенный	Автомобили КамАЗ	28	45	5 000	6,2	
815.3701	Я120-М12, встроенный	Автобусы «Икарус»	28	122	6 000	18,5	
Г700	2402.3702, выносной	Тракторы МТЗ, ВТЗ, КМЗ, ЛТЗ	14	36	6 000	5,4	ООО «Электром»

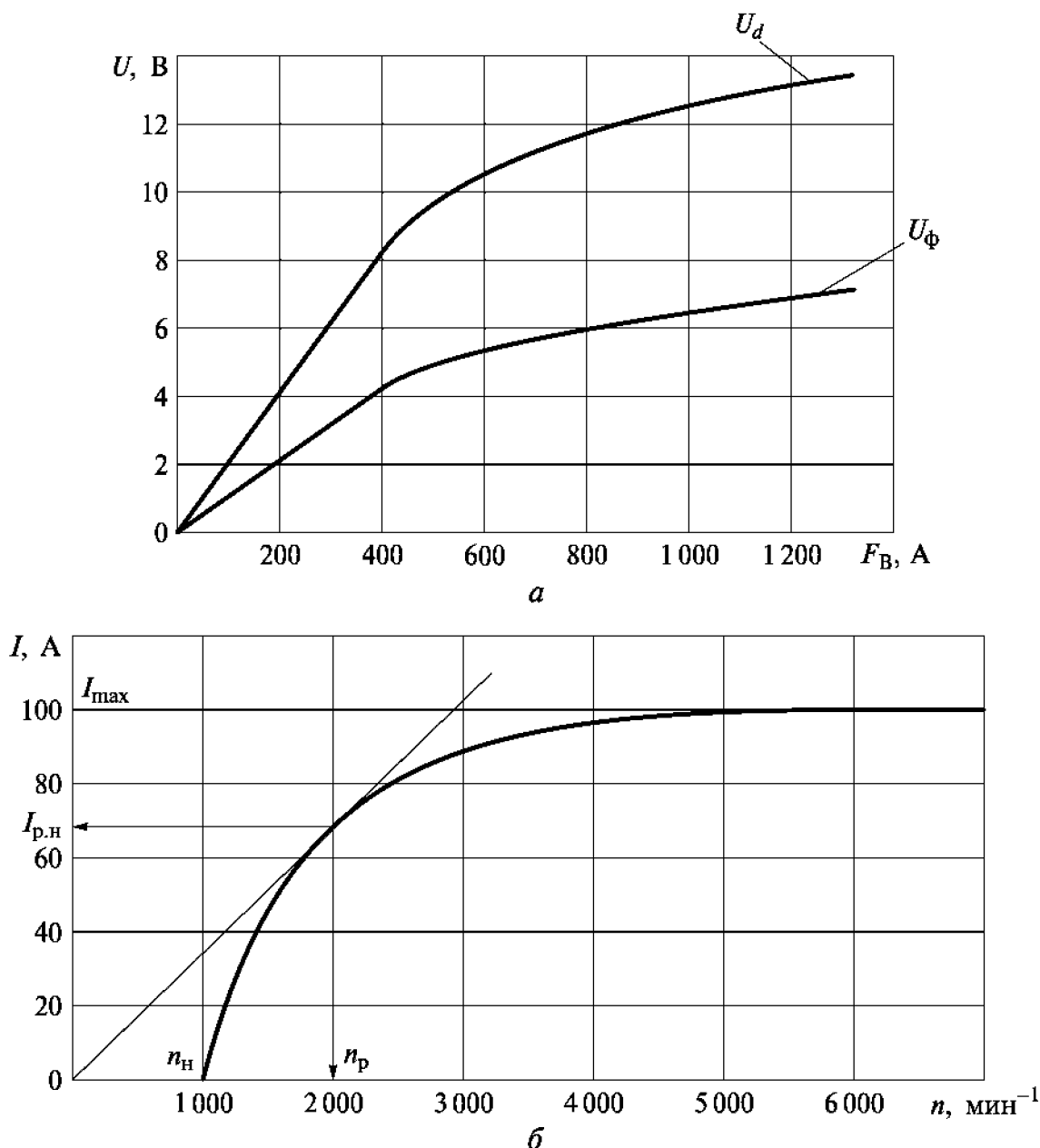


Рис. 4.8. Характеристика холостого хода генератора (а) и токоскоростная характеристика (б):

n_n — частота вращения ротора начала отдачи генератора; n_p — частота вращения ротора в расчетной точке характеристики

Выходное напряжение генератора при заданных параметрах частоты вращения зависит от температуры обмоток генератора, от величины тока возбуждения и режима генератора при его независимом возбуждении.

Для нормальной эксплуатации транспортного средства важным параметром системы электроснабжения является положительный баланс электроэнергии. Баланс электроэнергии на автомобиле

и тракторе определяется электрической нагрузкой генератора и зависит от дорожно-климатических условий, грузопотока автомобилей на дорогах, выполняемой трактором работы, времени суток и года, а также от степени заряженности аккумуляторной батареи.

Под *балансом электроэнергии* понимается разница между количеством электричества, вырабатываемого генератором за единицу времени, и количеством электричества, необходимого для питания установленных на транспортном средстве потребителей.

Частота вращения коленчатого вала двигателя автомобиля и связанного с ним ременной передачей вала генератора изменяется в зависимости от режима движения. В черте города скорость автомобиля ограничена условиями уличного движения, скорость сельскохозяйственной техники зависит от характера выполняемых работ. В городе, при ожидании автомобиля у светофоров, частота вращения коленчатого вала генератора существенно ниже, чем при движении автомобиля по загородному шоссе. Поэтому даже при минимальной частоте вращения на режиме холостого хода система электроснабжения должна вырабатывать электроэнергию, достаточную для нормальной работы системы зажигания, контрольно-измерительных приборов, габаритных огней автомобиля.

Наиболее нагружен генератор при работе ночью в зимний период эксплуатации, когда включены отопитель, обогреватель стекол, приборы системы освещения и световой сигнализации. Потребляемая сила тока в этом случае составляет 55...80 % номинальной силы тока генератора. При движении автомобиля днем в теплый период года нагрузка генератора минимальная и сила тока не превышает 10...20 % номинального.

Система электроснабжения должна обеспечивать определенный уровень зарядного напряжения на всех режимах. Слишком высокое напряжение вызывает перезаряд аккумуляторной батареи и, следовательно, выход ее из строя; низкое напряжение приводит к недозаряду батареи. Чувствительны к изменению напряжения и другие потребители, например, лампы накаливания. Увеличение напряжения на лампах сверх номинального на 10 % приводит к снижению срока их службы примерно на 50 %.

Выходные характеристики системы электроснабжения выбираются из условия, чтобы при любых условиях работы автомобиля и трактора не наблюдался прогрессивный разряд батареи, при этом генераторная установка должна своевременно и качественно восполнять аккумуляторной батарее количество электричества,

которое отдается потребителям, в том числе стартеру при пуске двигателя.

Для автомобилей и автобусов общего назначения, работающих без кондиционера, баланс электроэнергии определяется на следующих режимах:

- движение по шоссе ночью зимой;
- движение по шоссе днем зимой;
- движение в городе ночью зимой;
- движение в городе днем зимой.

При установке кондиционера вышеперечисленные режимы проверяются для условий движения летом с включенным кондиционером.

Для тракторов и сельскохозяйственной техники типовыми режимами работы являются:

- обработка почвы (пахота, дискование, боронование и культивация) — основной режим «нормальной» электрической нагрузки;
- транспортный режим зимой и летом;
- режим сева и уборки, характеризующийся максимальной электрической нагрузкой ночью из-за включения прожекторов;
- рабочий режим при «нормальной» электрической нагрузке и транспортный режим зимой и летом для промышленных тракторов;
- режимы уборки зерновых и транспортный режим летом (перегон) для самоходных комбайнов и шасси.

Расчетная нагрузка от потребителей, применяемых в перечисленных режимах, определяется суммой эквивалентных токов потребителей по формуле

$$I_{\text{н}} = \sum_{i=1}^n I_{\text{экви}} = \sum_{i=1}^n I_{\text{потр}} k_t k_{\text{н}},$$

где $I_{\text{н}}$ — расчетная сила тока потребителей, А; $I_{\text{экви}}$ — эквивалентная сила тока потребителей, А; $I_{\text{потр}}$ — сила тока потребителя, А; k_t — коэффициент времени работы потребителей по отношению ко времени работы двигателя; $k_{\text{н}}$ — коэффициент нагрузки.

Произведение коэффициентов $k_t k_{\text{н}}$ является *коэффициентом спроса на электроэнергию*. Значения этих коэффициентов для автомобилей и тракторов определены экспериментально и лежат в

пределах 0,03...1 в зависимости от вида и времени работы прибора электрооборудования и электроники.

После определения силы тока расчетной нагрузки I_n вычисляют требуемую силу максимального тока генератора, обеспечивающую установившийся зарядный баланс по соотношениям: для легкового автомобиля $I_{г\max} = 1,15I_{n\max}$, для грузового автомобиля и промышленного трактора — $I_{г\max} = 1,25I_{n\max}$, для комбайна — $I_{г\max} = (1,25...1,66)I_{n\max}$. Затем определяют скоростной режим работы генератора, который статистически устойчив и может быть описан функцией вероятности распределения или функцией плотности вероятности распределения частоты вращения ротора генератора. Вычисляют коэффициент оборотности генератора с учетом передаточных отношений привода генератора, коробки передач, главной передачи и статического радиуса ведущих колес. Производят пересчет типовой кривой скоростного режима генератора, которую сравнивают с токоскоростной характеристикой генератора, выбранной по максимальному току $I_{г\max}$ и требуемой мощности.

Оценка баланса электроэнергии производится:

- по суточному балансу и относительному заряду или разряду батареи в неблагоприятном режиме работы транспортного средства;
- силе тока отдачи генератора при частоте вращения коленчатого вала двигателя на режиме холостого хода, причем на автомобилях среднего и высокого классов генератор должен обеспечивать питание системы зажигания, контрольно-измерительных приборов, габаритных огней и электродвигателя отопителя, а на остальных автомобилях — питание системы зажигания, приборов и габаритных огней.

Когда оценка по критериям дает неудовлетворительный результат и указывает на недостаточный заряд аккумулятора, необходимо повысить передаточное число привода или применить генератор большей мощности.

4.3. РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Регулятор напряжения служит для поддержания напряжения на одном уровне. Принцип работы регулятора напряжения заключается в следующем: с повышением частоты вращения ротора регулятор, стабилизируя напряжение, уменьшает силу тока в обмот-

ке возбуждения, а с ростом силы тока нагрузки — увеличивает силу тока I_b (рис. 4.9).

Система регулирования напряжения генераторной установки состоит из регулятора напряжения 1 (см. рис. 4.9, г) и генератора, который является объектом регулирования. Регулятор, в свою очередь, содержит элементы сравнения, регулирующий и измерительный. Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора и преобразует его в сигнал измеряемого напряжения, который в элементе сравнения регулятора сравнивается с заданным эталонным значением напряжения. Разность между эталонным и измеряемым напряжением пропорциональна отклонению напряжения генератора от заданного значения. Если такое отклонение имеет место, то на выходе элемента сравнения появится сигнал. Этот сигнал поступит на вход регулирующего элемента, который начнет изменять силу тока возбуждения генератора, и, следовательно, напряжение на выходе генератора до тех пор, пока сигнал не станет равен нулю. При этом сигнал на выходе измерительного элемента равен эталонному значению, а напряжение на выходе генератора — заданному. Таким образом, при любой частоте вращения и нагрузке генератора в диапазоне работы регулятора напряжение генераторной установки практически постоянное.

В реальных регуляторах эталоном может быть не обязательно электрическое напряжение, а любая достаточно постоянная физическая величина, например сила натяжения пружины. В таком случае измерительный элемент должен преобразовывать напряжение генератора в пропорциональную ему величину той же физической сущности, что и эталонная величина.

Вибрационный регулятор напряжения поддерживает постоянное напряжение генератора, регулируя изменение продолжительности включения добавочного резистора и обеспечение нужной силы тока в цепи обмотки возбуждения.

Напряжение, вырабатываемое генератором, зависит от трех параметров: частоты вращения n_p ротора, силы тока нагрузки I_n и магнитного потока Φ генератора. Чем больше частота вращения ротора генератора, тем выше его напряжение, и чем больше нагрузка (больше сила тока I_n), тем меньше напряжение. Для нормальной работы приборов электрооборудования необходимо, чтобы напряжение было стабильно независимо от режима работы генератора.

Эталонной величиной в вибрационном регуляторе 1 (см. рис. 4.9, г) напряжения является сила натяжения пружины 5, от-

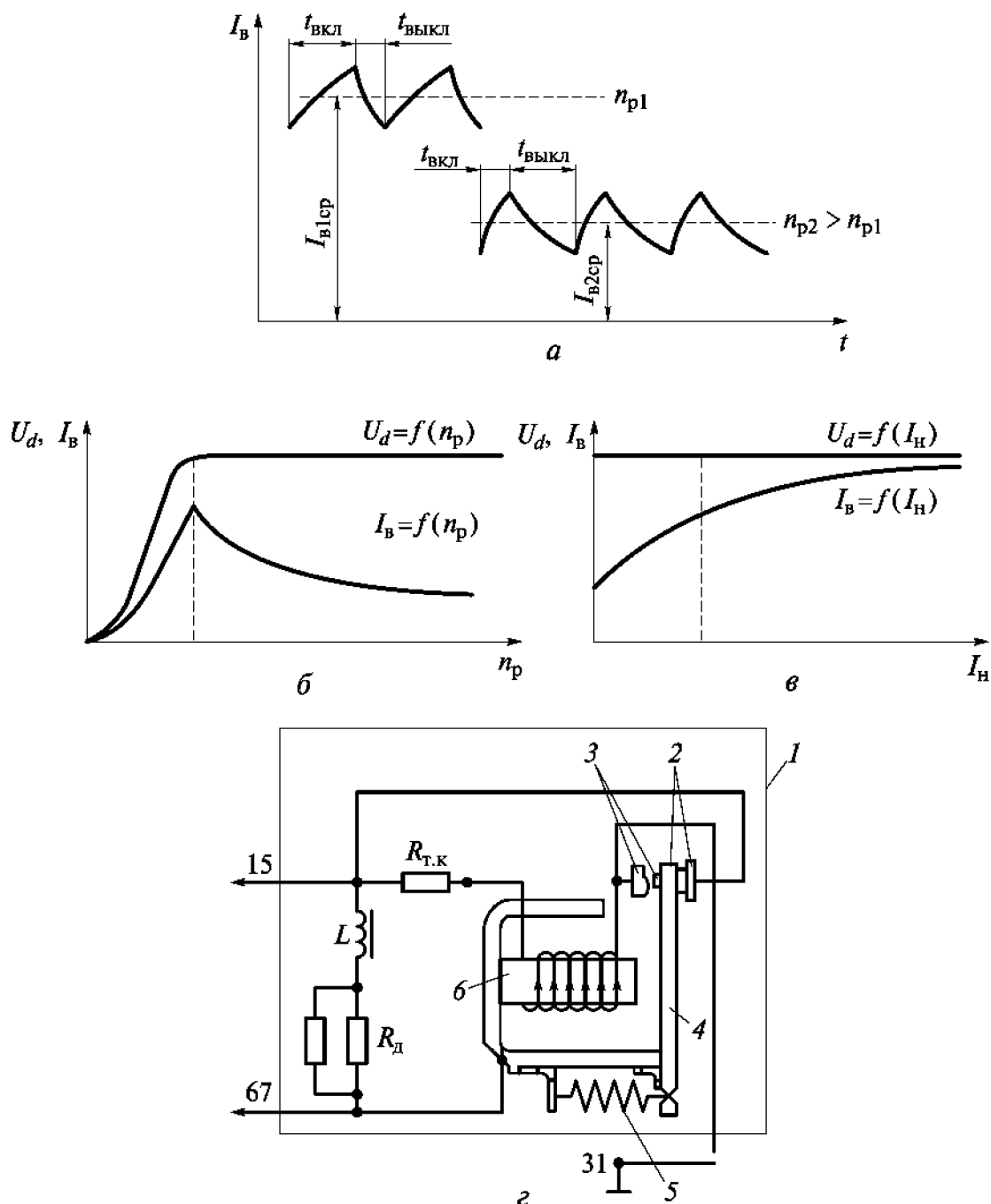


Рис. 4.9. Изменение силы тока в обмотке возбуждения (а), зависимость напряжения генератора и силы тока в обмотке возбуждения от частоты вращения ротора (б) и от силы тока нагрузки (в), электрическая схема вибрационного регулятора напряжения (г):

1 — регулятор напряжения; 2 — размыкающие контакты; 3 — замыкающие контакты; 4 — якорь; 5 — пружина; 6 — сердечник реле; 15, 31, 67 — номера клемм; I_H — ток нагрузки; I_B — ток возбуждения; I_{B1cp} , I_{B2cp} — сила тока возбуждения при различной частоте вращения ротора генератора; L — дроссель; n_p — частота вращения ротора; $R_{Т.К}$ — резистор температурной компенсации; R_d — добавочный резистор; U_d — напряжение генератора

жимающей якорь 4 реле от его сердечника 6. Измерительный элемент регулятора — обмотка на сердечнике магнитопровода. Она воспринимает напряжение генератора.

Регулятор имеет две пары контактов — размыкающие 2 и замыкающие 3, с помощью которых осуществляется двухступенчатое регулирование. При включении выключателя зажигания на обмотку возбуждения генератора через размыкающие контакты 2 регулятора подается напряжение от аккумуляторной батареи.

После пуска двигателя возрастают частота вращения вала генератора, напряжение и сила тока в обмотке регулятора напряжения, а также поток в магнитопроводе и сила, с которой якорь притягивается к сердечнику. Контакты 2 размыкаются, когда сила притяжения якоря 4 к сердечнику 6 превысит силу сжатия пружины 5. При этом в цепь обмотки возбуждения включается добавочный резистор R_A . Поскольку сила тока возбуждения и напряжение генератора уменьшаются, пружина возвращает якорь в исходное положение, контакты 2 замыкаются и шунтируют резистор R_A . Увеличиваются сила тока в обмотке возбуждения и напряжение, и процесс повторяется. Регулирование напряжения вибрационным регулятором определяется характером изменения силы тока возбуждения I_b и напряжения с ростом частоты вращения ротора генератора, когда относительное время нахождения реле в выключенном состоянии увеличивается, а ток возбуждения уменьшается и напряжение стабилизируется.

Сопротивление резистора R_A для двухступенчатых регуляторов выбирается примерно 5,5 Ом, что облегчает условия работы и продлевает срок службы контактов. Вместе с тем предел регулирования напряжения на первой ступени (с помощью контактов 2) по частоте вращения недостаточен. При определенной частоте вращения напряжение генератора может возрасти настолько, что под действием силы притяжения якоря к сердечнику контакты 3 замкнутся и обмотка возбуждения замкнется на «массу». Когда сила тока возбуждения и напряжение генератора уменьшатся, пружина 5 разомкнет контакты 3, обмотка возбуждения вновь окажется включенной в цепь, и напряжение генератора возрастет.

Процессы регулирования на второй и первой ступенях регулятора напряжения аналогичны. Различие состоит в том, что постоянство напряжения на первой ступени достигается включением и выключением в цепь обмотки возбуждения резистора R_A , а на второй ступени — замыканием обмотки возбуждения на «массу».

Резистор $R_{т.к.}$, включенный в цепь обмотки регулятора последовательно, осуществляет его температурную компенсацию (снижа-

ет зависимость напряжения, поддерживаемого регулятором, от температуры). Сопротивление провода резистора мало зависит от температуры. Термокомпенсацию осуществляет также биметаллическая подвеска якоря регулятора. Наличие в схеме дросселя L облегчает работу его контактов.

Настройку регулятора на нужное напряжение осуществляют, изменяя силу натяжения пружины 5 путем ее растяжения или сжатия. Если выступ, поддерживающий пружину, отогнуть так, чтобы пружина растянулась, потребуется большая сила для притяжения якоря к сердечнику, а следовательно, напряжение, поддерживаемое регулятором, возрастет. Для снижения этого напряжения пружину следует ослабить.

Вибрационные регуляторы различных типов принципиально не отличаются друг от друга. Они, как правило, имеют одну пару размыкающих контактов, поэтому сопротивление их добавочного резистора R_d значительно больше 60...80 Ом.

Контактно-транзисторный регулятор напряжения (рис. 4.10) — электронное устройство, лишенное недостатка вибрационных регуляторов — небольшого срока службы контактных пар. Наиболее распространенным был выпускавшийся длительное время контактно-транзисторный регулятор напряжения типа 21.3702.

В этом контактно-транзисторном регуляторе сила тока в обмотке возбуждения регулируется транзистором VT , управление которым осуществляет реле регулятора напряжения KV , работающее по вибрационному принципу. В отличие от реле вибрационных регуляторов оно имеет замыкающие контакты $KV1$.

При включении выключателя зажигания в цепи эмиттер—база транзистора VT через диод смещения $VD1$ и сопротивление цепи

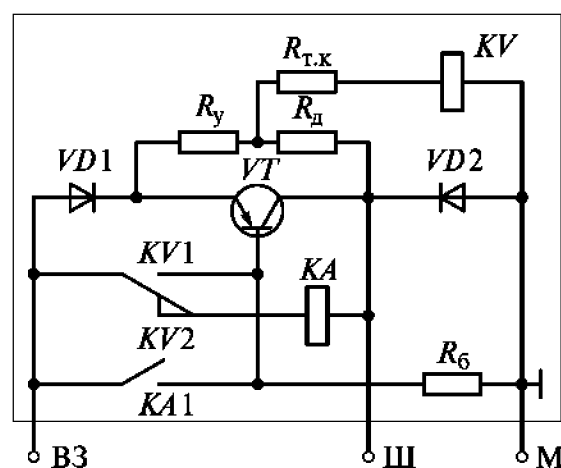


Рис. 4.10. Типовая электрическая схема контактно-транзисторного регулятора напряжения:

$VD1$, $VD2$ — диоды; R_d — добавочный резистор; KV — реле регулятора напряжения; $KV1$, $KV2$ — контакты реле KV ; $KA1$ — контакты реле ограничителя тока KA ; R_y — ускоряющий резистор; $R_{т.к}$ — резистор температурной компенсации; VT — транзистор; Ш, М — клеммы регулятора

базы R_6 протекает ток от аккумуляторной батареи. Транзистор VT открыт, и к цепи электроснабжения через диод $VD1$ и переход эмиттер—коллектор транзистора подключается обмотка возбуждения. Напряжение генератора подводится к обмотке регулятора напряжения KV через диод $VD1$, ускоряющий резистор R_y и резистор термокомпенсации $R_{т.к.}$

При возрастании напряжения с повышением частоты вращения ротора генератора замыкаются контакты $KV1$ реле KV . Переход эмиттер—база транзистора VT оказывается смещенным в обратном направлении (потенциал эмиттера ниже потенциала базы на величину падения напряжения в диоде $VD1$), транзистор закрывается. Ток в обмотку возбуждения поступает через ускоряющий R_y и добавочный R_d резисторы, что приводит к уменьшению силы тока в обмотке возбуждения и напряжения генератора. После этого размыкаются контакты $KV1$, открывается транзистор VT , обмотка возбуждения подключается к цепи питания непосредственно через открытый транзистор VT . В результате возрастают сила тока в обмотке возбуждения и напряжение генератора.

Ускоряющий резистор R_y — элемент жесткой обратной связи в регуляторе. Когда транзистор VT открыт, через резистор R_y протекает ток обмотки регулятора напряжения KV , при закрытом транзисторе он усиливается током обмотки возбуждения. Следовательно, при переходе транзистора в закрытое состояние падение напряжения на резисторе R_y резко возрастает, что приводит к скачкообразному изменению напряжения на обмотке регулятора напряжения. При этом сокращается время размыкания контактов регулятора, а следовательно, повышается частота их вибрации, уменьшается размах колебания напряжения генератора.

Схема с ускоряющим резистором применяется во многих вибрационных регуляторах напряжения. Гасящий диод $VD2$ подавляет импульсы напряжения при переключениях в цепи обмотки возбуждения. Остальные элементы схемы, в том числе размыкающие контакты реле регулятора напряжения $KV2$, относятся к схеме защиты регулятора напряжения от аварийных режимов.

Контактно-транзисторное регулирование применяется и для ограничения тока генератора. Регулятор (рис. 4.11) работает в комплексе с наиболее мощным из автомобильных генераторов типа 63.3701 (28 В/150 А) и состоит из трех элементов: транзисторного регулятора напряжения; контактно-транзисторного ограничителя тока; реле защиты. Превышение силы тока генератора над силой тока настройки реле ограничителя тока $KA2$, обмотка которого включена последовательно в выходную цепь генератора, вызывает

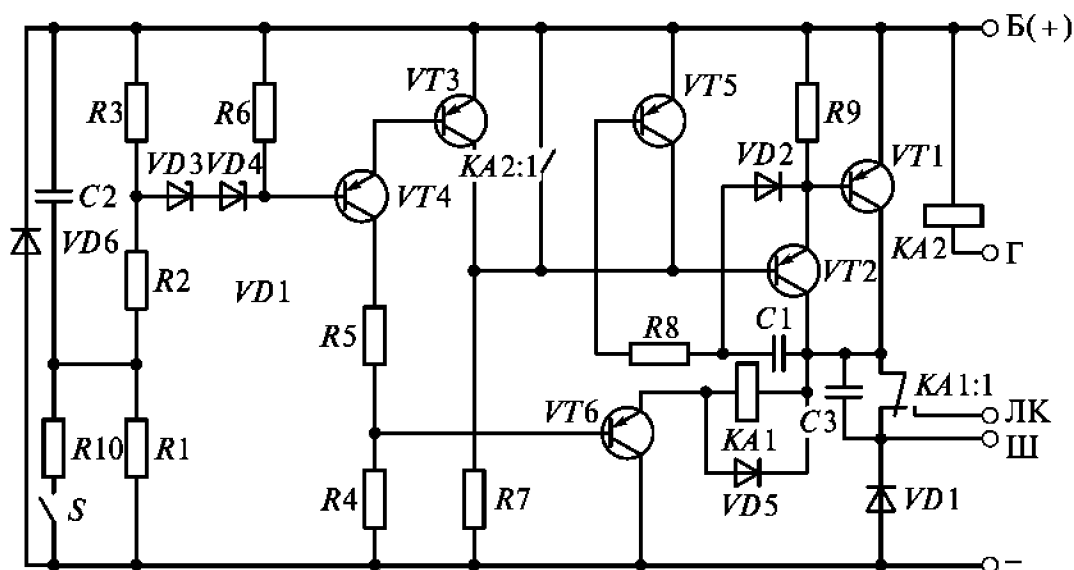


Рис. 4.11. Электрическая схема регулятора напряжения с ограничителем тока:

VD1—VD6 — диоды; C1—C3 — конденсаторы; KA1:1 — контакты регулятора напряжения KA1; KA2 — реле; R1—R9 — резисторы; VT1—VT6 — транзисторы; Б(+), Г, ЛК, Ш — клеммы регулятора

замыкание контактов KA2:1, KA1:1 и переход выходного составного транзистора VT1, VT2 в закрытое состояние. При этом транзистор VT1 прерывает ток в обмотке возбуждения генератора. Напряжение и сила тока, отдаваемого генератором в нагрузку, уменьшаются. Реле разрывает контакты, транзистор VT1 открывается, и процесс повторяется, стабилизируя силу тока генератора в заданных пределах. Остальные элементы схемы относятся к регулятору напряжения и реле защиты KA1.

Бесконтактные регуляторы интегрального исполнения (рис. 4.12) наиболее часто применяются в современных генераторных установках. Интегральные гибридные регуляторы напряжения представляют собой комбинацию пленочных резисторов, выполненных на керамической изоляционной подложке с миниатюрными дискретными элементами — конденсаторами, диодами, транзисторами. Регуляторы напряжения в интегральном исполнении рассчитаны на повышенную силу тока возбуждения (до 5 А). Схемы регуляторов достаточно просты, поэтому имеют небольшие размеры. Кроме того, они максимально унифицированы для номинальных напряжений 14 и 28 В.

Входной делитель собран на резисторах R1—R3. Элемент сравнения представлен стабилитроном VD1. Стабилитрон VD1 (регу-

ляторов генератора на 28 В Я120-М1) состоит из двух стабилитронов, входной транзистор электронного реле *VT1* и резистор *R8* выполнены в одном корпусе в виде микросхемы *DA1*. В выходной цепи регулятора, как и у большинства типов транзисторных регуляторов напряжения, применен составной транзистор *VT2*. Гибкая обратная связь образована цепью конденсатор *C2*—резистор *R4*—конденсатор *C1*. Диод *VD2* является гасящим. Диоды *VD3*, *VD4* обеспечивают защиту схемы от возможных аварийных режимов.

Особенностью регулятора, представленного на рис. 4.12, *а*, является электроснабжение его входной цепи через отдельный вывод «Б». При отсутствии напряжения на выводе «Б» отсутствует и базовый ток транзистора *VT2*. В этом случае транзистор заперт и протекание тока в цепи обмотки возбуждения генератора невозможно.

Если прерывание тока в цепи возбуждения при неработающем двигателе осуществляется другим путем, то выводы «Б» и «В» соединяются между собой перемычкой внутри регулятора и наружу выходит только вывод «В». Этот вывод может быть задублирован, что исключает возможность отключения гасящего ди-

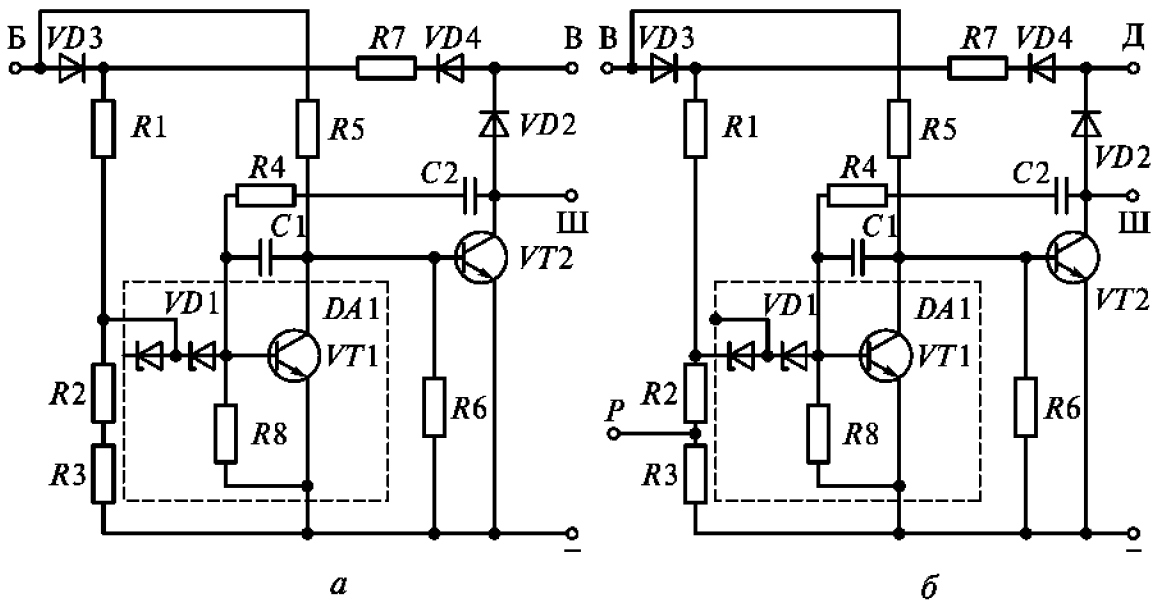


Рис. 4.12. Электрические схемы бесконтактных интегральных транзисторных регуляторов напряжения:
а — Я112-А2 на напряжение 14 В; *б* — Я120-М1 на напряжение 28 В; *VD1* — включенные последовательно два стабилитрона; *VT1*, *VT2* — транзисторы; *C1*, *C2* — конденсаторы; *P* — вывод для подключения резистора, повышающего напряжение генератора в зимних условиях; *R1*—*R8* — сопротивления; В, Д, Ш — выводные клеммы регулятора

ода от обмотки возбуждения при нарушении контакта вывода «В» с контактной пластиной щеткодержателя. Генераторные установки с таким регулятором выполняют по схеме, приведенной на рис. 4.13, б.

В табл. 4.5 представлены технические характеристики и применяемость некоторых транзисторных регуляторов напряжения.

Генераторные установки объединяют (рис. 4.13) генератор 1 и регулятор напряжения 7. У генераторов, предназначенных для работы в комплекте с вибрационными, контактно-транзисторными регуляторами напряжения, а также с бесконтактными регуляторами напряжения, разработанными для замены конкретных типов вибрационных и контактно-транзисторных регуляторов, один вывод обмотки возбуждения соединен с массой, а другой, обычно маркируемый индексом «Ш», — с регулятором напряжения. Обозначения выводов на рис. 4.13, приведенные в скобках, относятся к генераторным установкам автомобилей ВАЗ.

Наиболее распространенные схемы генераторных установок имеют трехфазную обмотку статора 3 и выпрямитель 4, собранный по мостовой схеме.

Обмотки генераторов большой мощности соединены в «двойную звезду» (две «звезды» соединены параллельно) или в «треугольник». Генератор повышенной мощности может иметь стержневую обмотку на статоре из провода прямоугольного сечения по типу обмоток якорей стартеров. Каждая фаза в этом случае состоит из последовательно включенных одновитковых секций.

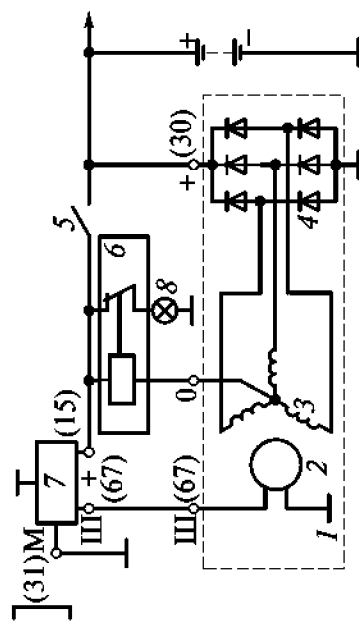
В генераторах, напряжение которых стабилизируется регуляторами на кремниевых полупроводниковых элементах, обмотка возбуждения соединена с выводом «+» сети и регулятором напряжения (см. рис. 4.13, б—г). Регуляторы напряжения 7, работающие с генераторами по схемам а и б—г, показанным на рис. 4.13, не взаимозаменяемы.

Для того чтобы исключить разряд аккумуляторной батареи на стоянке, цепь обмотки возбуждения генератора в схемах а, б, г на рис. 4.13 включается в сеть через выключатель зажигания 5. В этом случае контакты выключателя коммутируют ток силой до 5 А, что приводит к снижению их срока службы и к увеличению падения напряжения в цепи до регулятора напряжения. Поэтому в схеме в, приведенной на рис. 4.13, через выключатель зажигания 5 включается лишь цепь управления регулятора напряжения с силой тока, равной долям ампера. Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле регулятора в выключенное состояние, и ток не поступает в обмотку возбуждения 2.

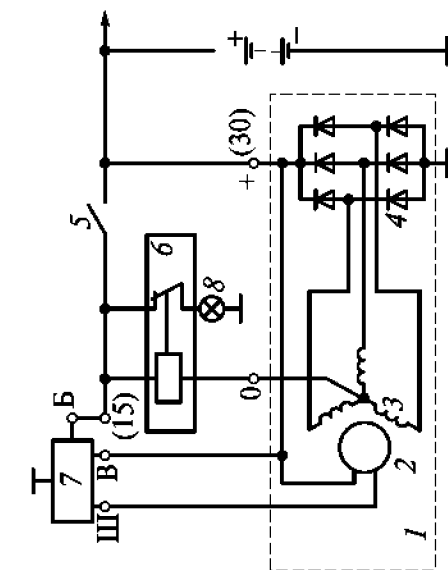
Таблица 4.5. Технические характеристики транзисторных регуляторов напряжения и области их применения						
Тип регулятора	Номинальное напряжение, В	Номинальная сила тока, А	Регулируемый генератор	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
Контактно-транзисторные регуляторы напряжения						
PP362B1	28	3,0	Г287, Г304, Г306	0,16	ОАО «Автоприбор»	Тракторы К-700А, -701, -702, -703, Т-28Х4, Т-50, -52, -54, -60, -70, -100, -130
PP363	28	1,5	Г263-А	0,11	ОАО «Автоприбор»	Автомобили БелАЗ, тракторы К710, КЗКТ-7421
Бесконтактные регуляторы напряжения						
PP356	28	1,5	Г272	0,11	ОАО «Автоприбор»	КамАЗ, МАЗ-504В, -515В, -516В
121.3702	14	3,0	Г221-А	0,12	ОАО «Автоэлектроника»	ВАЗ-2101, -2011, -2103, -2106, -2121
13.3702 13.3702-01	14 14	5,0 5,0	16.3701 16.3701	0,10	ООО «Электроавтомат»	ГАЗ-3110, -3302 «ГАЗель»
1902.3702	14	5,0	3812.3701-10, 192.3771, 19.3771, 191.3771	0,15	АО «АТЭ-1»	ЗИЛ, ГАЗ
21.3702	28	3,5	63.3701	1,3	ОАО «Автоприбор»	Автомобили БелАЗ, тепло- возы, грейдеры

Тип регулятора	Номинальное напряжение, В	Номинальная сила тока, А	Регулируемый генератор	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
221.3702	14	3,0	Г250	0,11	ОАО «Автоприбор»	«Москвич-2140»
55.3702, 56.3702	14 14	5,0 5,0	94.3701 37.3701	0,065 0,065	ООО «АСТРО»	ВАЗ-2108, -2109, ВАЗ-2110, -2111, -2112
Интегральные регуляторы напряжения						
44.3702	14	5,0	29.3701, 58.3701	0,04	ОАО «Автоприбор»	«Москвич-2140», ИЖ-2715, ЛиаЗ
441.3702	14	5,0	221.3701	0,04		ВАЗ-2104, -2105, -2107
442.3702	14	5,0	133.3701, 64.3701, 46.3701	0,04		Тракторы ТДГ-55, АГ-75, Т-130, Т-150К
443.3702	28	5,0	Г273, 51.3701, 6582.3701	0,04		МАЗ-500А, -6422, -5335, КамАЗ-740
444.3702	28	5,0	6582.3701, 12.3701, 13.3701	0,04		Тракторы Т-130, -250, -330
46.3702	14	5,0	372.3701, 373.3701, 94.3701, 942.3701, 2502.3701	0,04	ОАО «Автоприбор»	ВАЗ-2108, -2109, -2121, ГАЗ-3110, «ГАЗель»
55.3702	14	5,0	94.3701	0,04	ООО «АСТРО»	ВАЗ-2110, -2111, -2112

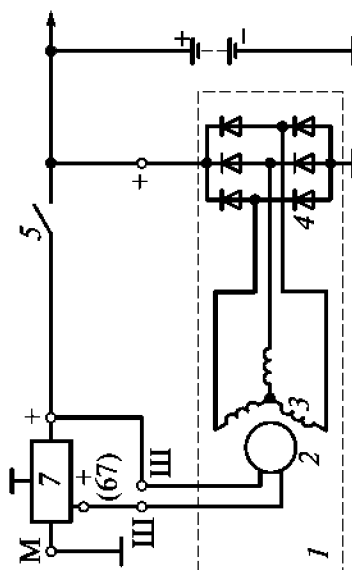
Я122-В	14	3,5	46.3701, 461.3701	0,06	ПЗПП	Тракторы МТЗ-80, -82
Я120-М12	28	3,5	77.3701, 7712.3701	0,06		Специальная техника, автобус «Икарус»
Я112-Б1	14	5,0	97.3701	0,06		Мини-тракторы МТЗ
Я212-А12	14	5,0	2502.3701, 26.3701	0,04		ГАЗ-3302, -3310, ВАЗ-2111
Я213А	14	5,0	7712.3701	0,04		ВАЗ-2123
Я214Б	14	5,0	7702.3701	0,04		ГАЗ-3110



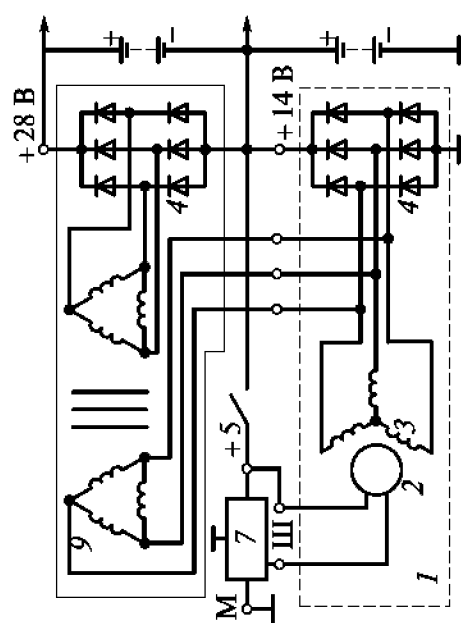
a



б



б



2

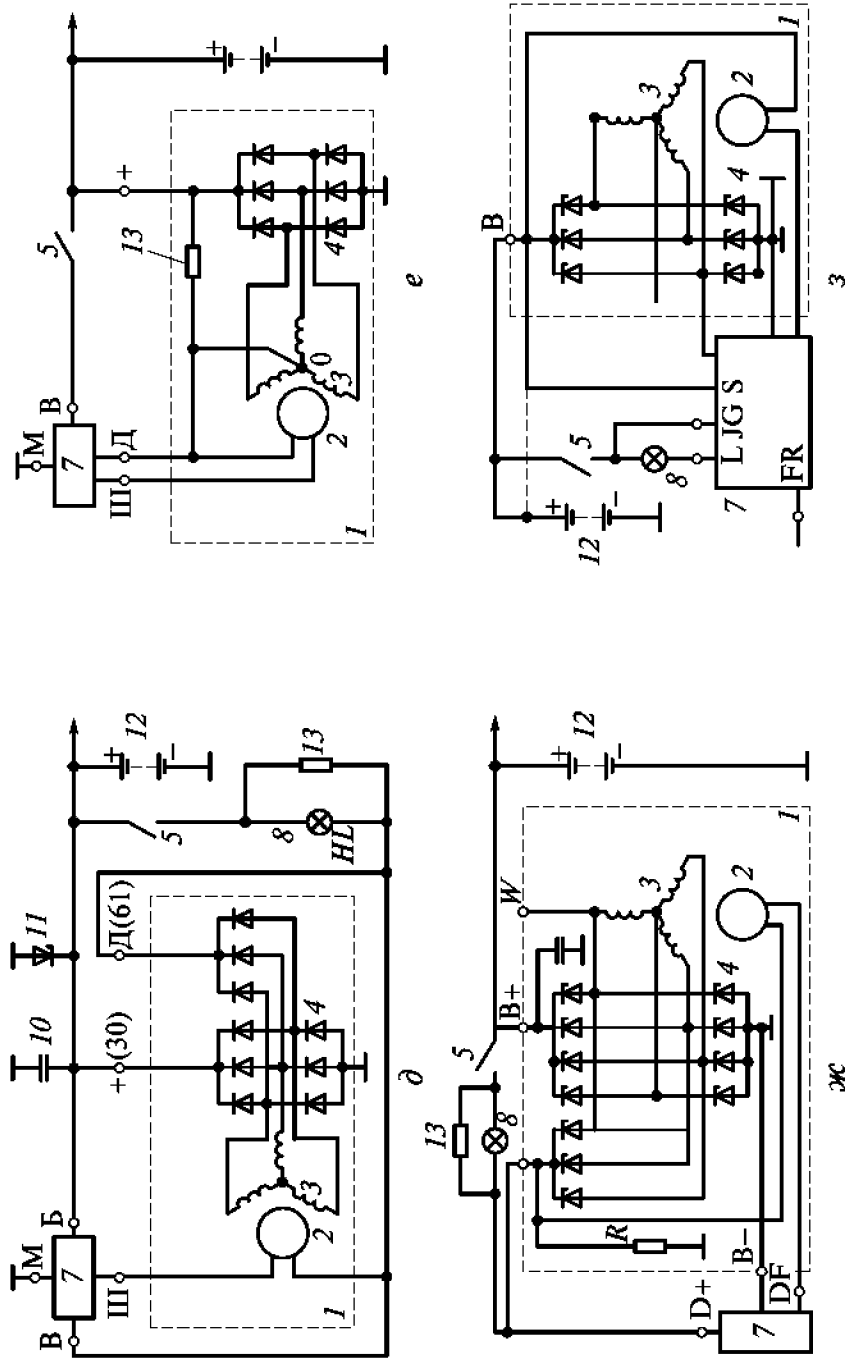


Рис. 4.13. Электрические схемы генераторных установок:

а — с контактно-транзисторными регуляторами напряжения; б — с регуляторами на кремниевых транзисторах; в — с интегральным регулятором; г — двухуровневым напряжением 14 и 28 В и трансформаторным блоком; д — с дополнительным выпрямителем; ж — для 28-вольтового генератора; з — с дополнительным выпрямителем; 3 — обмотка возбуждения; 2 — обмотка статора; 4 — выпрямитель; 5 — выключатель зажигания; 6 — реле контрольной лампы; 7 — регулятор напряжения; 8 — контрольная лампа; 9 — трансформаторно-выпрямительный блок; 10 — помехоподавляющий конденсатор; 11 — стабилизатор; 12 — аккумуляторная батарея; 13 — резистор; L, JG, S — выводы регулятора

Более перспективной является схема ж (см. рис. 4.13). Обмотка возбуждения 2 имеет дополнительный выпрямитель, состоящий из трех диодов. К выводу «+» выпрямителя (вывод «DF») присоединена обмотка возбуждения 2 генератора. При этом аккумуляторная батарея во время стоянки автомобиля не может разряжаться на обмотку возбуждения, так как она к ней не подключена. В схему введена лампа 8 для возбуждения генератора от аккумуляторной батареи 12. Тока небольшой силы, поступающего в обмотку возбуждения через эту лампу от аккумуляторной батареи, достаточно для возбуждения генератора и он мало влияет на разряд аккумуляторной батареи. Обычно параллельно контрольной лампе включен резистор на случай перегорания контрольной лампы.

Лампа одновременно является элементом контроля работоспособности генераторной установки. На стоянке автомобиля при включении выключателя зажигания 5 контрольная лампа загорается. Контрольная лампа гаснет, когда на выводе «DF» генератора напряжение равно напряжению аккумуляторной батареи и двигатель запустился. Если этого (при работающем двигателе) не происходит, то генераторная установка неисправна. Отличием отдельных вариантов исполнения схемы ж является отсутствие соединения регулятора с выводом «+» (30). В этом случае регулятор стабилизирует напряжение на выводе «DF», что учитывается при настройке регулятора.

Для контроля работоспособности установки по схемам а и в (см. рис. 4.13) служит реле 6 с размыкающими контактами, через которые подводится напряжение к контрольной лампе 8. Лампа загорается после включения выключателя 5 зажигания и гаснет после пуска двигателя, так как напряжение генератора, к средней точке обмотки статора которого подключено реле, разрывает размыкающие контакты и отключает контрольную лампу. Если лампа 8 при работающем двигателе горит, то генераторная установка неисправна.

В генераторных установках с номинальным напряжением 28 В применяется схема е, приведенная на рис. 4.13. Обмотка возбуждения 2 подключена к средней точке обмотки 3 статора генератора, поэтому подаваемое на обмотку напряжение в 2 раза меньше напряжения генератора. При этом в 2 раза меньше импульсы напряжения, возникающие при работе генераторной установки, что улучшает надежность работы полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор 13 гарантированно обеспечивает возбуждение генератора.

На некоторых автомобилях с дизелями генераторная установка имеет два уровня напряжения (14 и 28 В). Для получения второго

уровня напряжения используется трансформаторно-выпрямительный блок 9 (см. рис. 4.13, г). В этом случае стабилизируется только первый уровень напряжения — 14 В. Второй уровень обусловлен трансформацией и последующим выпрямлением в блоке 9 переменного напряжения генератора. Коэффициент трансформации трансформаторного блока 9 близок к единице.

4.4. ИСПЫТАНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

К параметрам генераторных установок, которые необходимо контролировать во время испытаний на специализированном стенде, относятся:

- напряжение на выходе генератора в зависимости от скорости вращения ротора в режиме холостого хода (без нагрузки);
- начальные обороты отдачи генератора; ток в расчетной точке нагрузочной характеристики; ток возбуждения;
- максимальная сила тока генератора при частоте вращения 5000 мин^{-1} ;
- выходное напряжение генератора при заданных параметрах оборотов;
- температура и максимальная сила тока в горячем состоянии;
- диапазон изменения напряжения генератора при изменении его выходного тока и температуры окружающей среды;
- минимальная частота переключения выходного транзистора регулятора напряжения;
- падение напряжения на выходе регулятора напряжения при максимальной силе тока возбуждения.

Параметры определяют в холодном и горячем состоянии (в расчетной точке характеристики). На рис. 4.14 представлена электрическая схема для измерения контролируемых параметров генераторной установки.

Для определения параметров генераторной установки напряжение измеряется на клемме генератора «+», ток — между генератором и нагрузкой R и в цепи обмотки возбуждения (между реле-

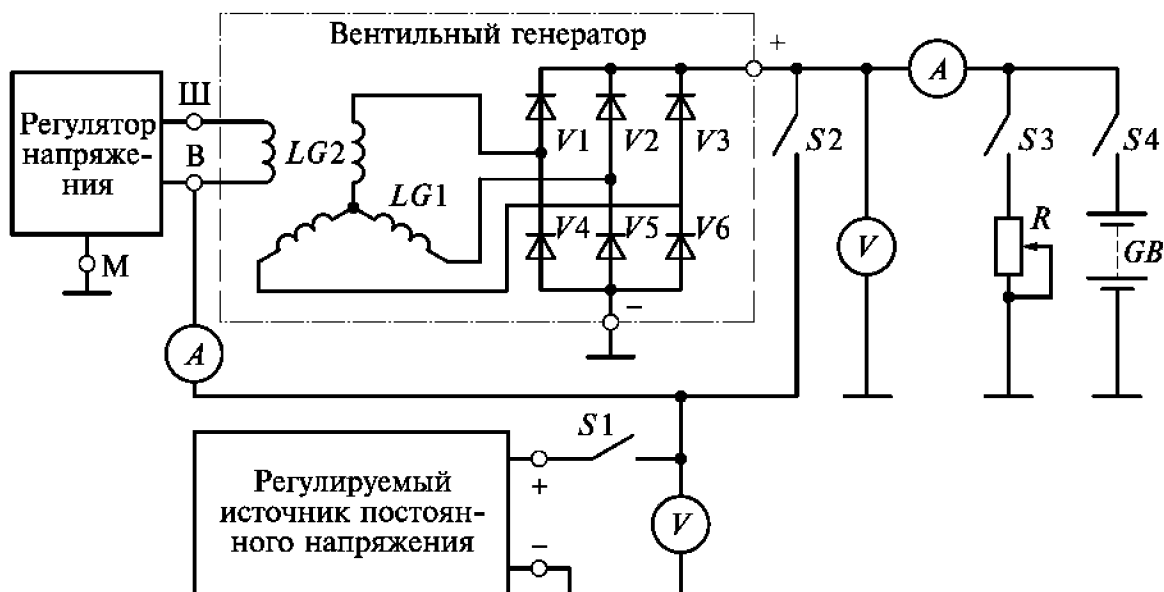


Рис. 4.14. Электрическая схема для измерения контролируемых параметров генераторной установки:

$LG1$ — обмотка статора генератора; $LG2$ — обмотка возбуждения генератора; GB — аккумуляторная батарея; R — нагрузка генератора; $S1$ — выключатель режима независимого возбуждения генератора; $S2$ — выключатель режима самовозбуждения генератора (не может быть включен одновременно с $S1$); $S3$ — выключатель нагрузки генератора; $S4$ — выключатель аккумуляторной батареи

регулятором и клеммой «+»). В измерительную схему включены четыре выключателя $S1$ — $S4$, которые позволяют создавать режим генератора при его независимом возбуждении от постоянного источника, режим самовозбуждения, работу с аккумуляторной батареей и без нее, нагрузочный режим в горячем и холодном состоянии.

Для измерения параметров регулятора напряжения, например, минимальной частоты переключения $f_{p\min}$ выходного транзистора, падения напряжения ΔU_p на выходе регулятора при максимальном токе возбуждения применяют осциллограф, который подключают между клеммами «Ш» и «М» регулятора. Параметр ΔU_p определяется при замкнутом выключателе $S1$ и напряжении регулируемого источника постоянного напряжения, меньшем напряжений срабатывания и возврата регулятора напряжения, т.е. при полностью открытом выходном транзисторе регулятора напряжения. Выключатель $S2$ режима самовозбуждения генератора не может быть включен одновременно с $S1$.

Токоскоростная характеристика определяется при номинальном напряжении. Для генераторных установок со встроенным ре-

гулятором напряжения, который вступает в работу при напряжении ниже номинального, характеристику определяют при напряжении 12,5...13 В в случае питания 14 В и при 25...26 В в случае питания 28 В. Существенное влияние на токоскоростную характеристику оказывают условия ее измерения:

- при самовозбуждении, когда цепь обмотки возбуждения питается от самого генератора;
- при независимом возбуждении, когда цепь обмотки питается от постороннего источника;
- для генераторной установки, у которой регулятор напряжения включен в схему;
- для генератора, у которого регулятор отключен;
- в холодном состоянии при температуре узлов генератора 15...35 °С;
- в нагретом состоянии по достижении установившегося состояния равновесия.

В технической документации на генераторные установки обычно устанавливают численные значения:

- начальной частоты вращения ротора на холостом ходу n_0 (соответствует заданному напряжению генератора без нагрузки);
- максимальной силы тока, отдаваемой генератором I_{dm} . Автомобильные вентильные генераторы обладают самоограничением при силе тока I_{dm} , значение которого близко к току короткого замыкания, генератор при дальнейшем увеличении частоты вращения большого тока отдать потребителям не может. Для автомобильных вентильных генераторов I_{dm} определяется при 5 000 мин⁻¹. Ток I_{dm} , умноженный на номинальное напряжение, определяет номинальную мощность генератора;
- частоты вращения ротора $n_{p.н}$ и силе тока $I_{p.н}$ в контрольном режиме.

Генераторные установки, как и системы электропуска, имеют надежность схему последовательного соединения элементов, определяющую их неисправности и способы их устранения (табл. 4.6).

В процессе эксплуатации к надежности работы системы электрооборудования, состоящей из генераторной установки с реле-регулятором и аккумуляторной батареи, предъявляются высокие требования по поддержанию напряжения бортовой сети в преде-

Таблица 4.6. Неисправности элементов генераторной установки и способы их устранения

Неисправность установки	Причина возникновения неисправности	Способ устранения неисправности
Нет зарядного тока	Обрыв обмотки возбуждения	Генератор направляют в ремонт
	Пробой диодов выпрямительного моста	Замена диодного моста, текущий ремонт
	Пробой фазной обмотки на «массу»	Генератор направляют в ремонт
	Отказ регулятора напряжения	Замена регулятора напряжения
Выходное напряжение выше нормы	То же	Замена регулятора напряжения
Повышенный механический шум от генератора при работе	Отказ подшипника	Ремонт генератора со снятием с двигателя

лах $\pm 3\%$ от номинального (для потребителей — 14 и 28 В). Это связано с тем, что увеличение допуска до $\pm 5\%$ приводит к изменению светового потока осветительной и светосигнальной аппаратуры на 20 % и снижает в 2 раза их ресурс. Повышение уровня регулируемого напряжения на 10...12 % приводит к снижению ресурса батареи в 2—2,5 раза.

Надежная работа генераторной установки определяется местом ее размещения на двигателе, надежностью крепления генератора к двигателю и усилием натяжения ремня привода генератора, а также влиянием переходных сопротивлений на контактах включателя зажигания и в штекерных соединителях цепи от «+» батареи до «+» реле-регулятора. Последний недостаток, приводящий к повышению регулируемого напряжения до 15,0...15,5 В, устраняется подключением обмотки возбуждения генератора к плюсовым выводам дополнительного плеча выпрямителя.

Недостаточная жесткость крепления генератора на двигателе может привести к излому лапы крепления, а недостаточное усилие натяжения приводного ремня — к его проскальзыванию в ручье шкива, к снижению частоты вращения ротора и уменьшению отдачи генераторной установки, т.е. аккумуляторная батарея будет заряжаться не полностью. Превышение усилия натяжения

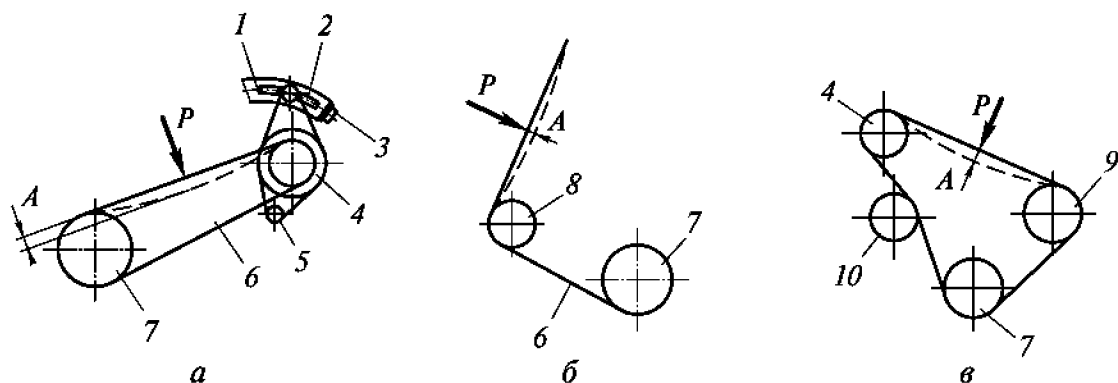


Рис. 4.15. Схемы приводных механизмов генераторных установок:

а — автомобилей типа ВАЗ-2110; *б* — автомобилей с двигателем ЗМЗ-4025, -4026, -402, -4021; *в* — автомобилей с дизелем ГАЗ-560; 1 — верхний кронштейн генератора; 2 — фиксирующий болт; 3 — регулировочный болт; 4 — генератор; 5 — болт шарнирного крепления; 6 — ремень; 7 — ведущий шкив на коленчатом валу; 8 — шкив генератора; 9 — привод вентилятора; 10 — автоматический механизм натяжения ремня с помощью спиральной пружины; *A* — прогиб ремня при приложении на ремень усилия *P*

ремня повышает радиальное усилие на подшипник генератора и может преждевременно вывести его из строя.

Правильность натяжения ремня в процессе эксплуатации проверяют по его прогибу при нажатии на ремень усилием от 19 до 50 Н посередине между шкивами генератора и вентилятора или вала двигателя (рис. 4.15). Величины прогиба и усилие, прилагаемое к ремню, представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.7. Усилие, прилагаемое к ремню привода, и прогиб ремня

Тип двигателя	Усилие, прилагаемое к ремню, Н	Прогиб ремня, мм
ЗИЛ-130	38	6...14
КамАЗ-740	48	15...22
ЗМЗ-53	38	10...15
ВАЗ-2101, -2105, -2103, -2108	98	10...15
ВАЗ-2110	98	6...10
ЗМЗ-4021, -4062	40	8...10
ЗМЗ-4061, -4062	80	10...15

Таблица 4.8. Причины возникновения неисправностей генераторных установок, способы их диагностирования и устранения			
Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности	
Генераторная установка не обеспечивает заряд аккумуляторной батареи			
Обрыв или проскальзывание ремня из-за недостаточного натяжения или износа шкива	Осмотреть привод, проверить прогиб ремня	Заменить ремень. Натянуть ремень в соответствии с табл. 4.7. Заменить шкив	
Плохой контакт в штекерных соединителях или обрыв в цепях между генераторной установкой и аккумулятором	Измерить вольтметром напряжение на клеммах «+» генератора и аккумуляторной батареи при средних оборотах двигателя с включением фар головного освещения. Тестером определить место обрыва	Плохой контакт восстановить, обрывы устранить	
Выход из строя батареи	Проверить состояние батареи нагрузочной вилкой	При необходимости заменить батарею	
Износ, «зависание» щеток или загрязнение контактных колец	Проверить состояние щеточного узла (измерить усилие пружин, высоту щеток) и очистить его от пыли и грязи	При деформации щеткодержателя его необходимо заменить. Щетки с предельным износом заменить. Выработанные контактные кольца проточить	
Обрыв в цепи возбуждения	Проверить качество припайки выводов катушки возбуждения к контактным кольцам	При наличии отпайки припаять. При обрыве обмотки возбуждения внутри — заменить обмотку в сборе	

Межвитковое замыкание в цепи одной из фаз обмотки статора	Проверить качество изоляции обмоток фаз относительно железа статора омметром	При обрыве или межвитковом замыкании — статор заменить на новый или отремонтировать
Пробой или обрыв диодов выпрямительного блока	Проверить прямую и обратную проводимость диодов омметром или с помощью контрольной лампы	Заменить выпрямительный блок
Выход из строя интегрального регулятора напряжения	При кратковременном замыкании выводов «Ш» и «+» (для генератора с подключением одного из выводов обмотки возбуждения на «массу») и «Ш» и «массы» (для генератора с двумя изолированными выводами обмотки возбуждения) вольтметр показывает повышение напряжения	Заменить регулятор напряжения
Выход из строя вибрационного или контактно-транзисторного регулятора напряжения	Проверить усилие натяжения пружин	Отрегулировать усилие пружин
<i>Повышенный шум при работе генераторной установки</i>		
Отсутствие или недостаточное количество смазки в подшипниках	Проверить состояние подшипников	Промыть подшипники и заложить смазку. При значительных износах подшипник заменить
Разрушение сепаратора и заклинивание подшипника. Проворачивание наружной обоймы подшипника в посадочном месте крышки	Проверить проворачивание вала ротора рукой	Заменить крышку и подшипник

Окончание табл. 4.8

Причины возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
Выработка посадочного места под подшипник в крышке	Проверить вал поворачиванием ротора рукой	Заменить крышку и подшипник
<i>Генераторная установка вызывает перезаряд батареи (электролит «кипит»)</i>		
Неисправность батареи (короткое замыкание в аккумуляторе)	Проверить плотность электролита и напряжение батареи	Отремонтировать или заменить батарею
Увеличение переходных сопротивлений от вывода «+» генератора до вывода включателя зажигания и регулятора напряжения	Измерить переходное сопротивление в цепи или напряжение на отдельных участках цепи	Восстановить контакт
Неисправен регулятор напряжения из-за пробоя элементов	Заменить регулятор электролампой, и если заряд батареи происходит, то отключить регулятор	При необходимости регулятор заменить новым

В области точности и сезонного регулирования напряжения генераторной установки замена выносных, вибрационных и контактно-транзисторных регуляторов напряжения на бесконтактные со ступенчатым регулированием уровня напряжения (зима/лето) и интегральные, твердотельные конструкции, встроенные в генератор, произвела заметное улучшение эксплуатационной надежности всей генераторной установки. Встроенные регуляторы напряжения обладают свойством термокомпенсации, т.е. изменения уровня напряжения заряда аккумуляторной батареи в зависимости от температуры воздуха в подкапотном пространстве. Величина термокомпенсации — $0,01 \text{ В/}^{\circ}\text{С}$. Это обстоятельство облегчило в определенной степени техническое обслуживание генераторных установок.

Довольно часто за отказ генераторной установки принимают отсутствие контакта в цепи электроснабжения, короткое замыкание в проводке автомобиля или срабатывание предохранителей. Основные причины неисправностей системы электроснабжения, способы их обнаружения и устранения сведены в табл. 4.8.

Основные работы по диагностированию технического состояния и обслуживанию системы электроснабжения проводят с периодичностью, равной или кратной ТО-2 с углубленным диагностированием рабочих параметров генераторной установки, регулятора напряжения и выпрямительного блока. При ТО-1 приборы системы электроснабжения очищают от пыли, масла и грязи. Проверяют надежность крепления генераторной установки к двигателю и усилие натяжения ремня привода.

Каждое четвертое ТО-2 предусматривает снятие генераторной установки с двигателя для осмотра и обслуживания щеток и контактных колец. Для этого предварительно удаляют пыль, масло и грязь с поверхности генератора, продувают внутренние полости сжатым воздухом, а затем снимают защитную крышку и вынимают щеткодержатель. Проверяют в щеткодержателе свободу перемещения щеток в направляющих, вынимают щетки, измеряют их высоту и упругость пружин. Загрязненные контактные кольца очищают и (при износе) протачивают на станке по диаметру более 0,5 мм. Щетки, достигшие предельных износов, заменяют на новые.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков принцип работы генератора?
2. Чем отличаются генераторные установки в части системы возбуждения?

3. Назовите основные узлы генератора.
4. Какие схемы генераторных установок применяют для предотвращения разряда АКБ на стоянке транспортного средства?
5. Какие конструкции регуляторов напряжения вы знаете?
6. Каковы основные характеристики генераторных установок?
7. Какие конструкции охлаждения генератора вы знаете?
8. Каковы регулировки генераторов в процессе эксплуатации?
9. Назовите основные неисправности генераторов.
10. Какие электрические схемы испытаний генераторных установок вы знаете?
11. Каковы способы диагностирования генераторных установок?
12. Назовите основные неисправности регуляторов напряжения.

СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

5.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Система зажигания преобразовывает энергию аккумуляторной батареи или генераторной установки в тепловую энергию искрового разряда.

Протекание рабочих процессов в системе зажигания можно разделить на три этапа: накопление энергии в одном из реактивных элементов электрической схемы (в индуктивности или в емкости); индуктирование импульса высокого напряжения во вторичной цепи катушки зажигания; пробой искрового промежутка между электродами свечи зажигания и выделение энергии в искровом разряде.

В системе зажигания с накоплением энергии в индуктивности первый этап начинается после замыкания цепи питания первичной обмотки катушки зажигания. Сила тока в первичной обмотке, имеющей не только активное, но и реактивное сопротивление, нарастает постепенно по экспоненциальному закону:

$$I_1 = \frac{U_{\text{АКБ}}}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} \tau} \right),$$

где $U_{\text{АКБ}}$ — напряжение аккумуляторной батареи; R_1 — активное сопротивление первичной цепи; L_1 — индуктивность первичной цепи; τ — текущее время.

Нарастающий первичный ток стремится достигнуть максимального значения

$$I_{1\text{max}} = U_1 / R_1.$$

Максимальная энергия, которую можно запасти в индуктивном элементе:

$$A_{L\max} = L_1 I_{1\max}^2 / 2.$$

В системе зажигания с накоплением энергии в емкости по экспоненциальному закону нарастает напряжение заряда конденсатора. Энергия, которую можно накопить в электрическом поле конденсатора:

$$A_C = C_1 U_C^2 / 2,$$

где U_C — напряжение на выводах конденсатора в момент его подключения к первичной обмотке катушки зажигания; C_1 — емкость конденсатора.

Нарастание тока в первичной обмотке катушки в системе зажигания с накоплением энергии в индуктивности происходит в течение определенного времени, которое зависит от частоты следования искровых разрядов, а следовательно, от числа цилиндров и частоты вращения коленчатого вала двигателя. К моменту размыкания первичной цепи сила тока возрастает до значения так называемого тока разрыва $I_p = I_{1\max}$. Время полного цикла замкнутого и разомкнутого состояния первичной цепи катушки зажигания

$$T = \frac{120}{Z_{\text{ц}} n},$$

где $Z_{\text{ц}}$ — число цилиндров двигателя; n — частота вращения коленчатого вала.

Время замкнутого состояния первичной цепи $\tau_{\text{з.с}} = v_{\text{з.с}} T$ зависит от относительного времени нарастания тока $v_{\text{з.с}}$ в первичной цепи (времени замкнутого состояния контактов прерывателя в контактной системе зажигания или времени, в течение которого силовой транзистор электронной системы зажигания находится в состоянии насыщения).

После отключения первичной обмотки катушки зажигания от источника электроснабжения в первичной цепи образуется колебательный контур, содержащий индуктивность L_1 , емкость C_1 и активное сопротивление, в котором возникают затухающие колебания первичного тока I_1 и первичного напряжения U_1 (рис. 5.1, а, б).

Максимальное значение вторичного напряжения $U_{2\max}$ (рис. 5.1, в) у систем зажигания с запасом энергии в индуктивности зависит от коэффициента трансформации катушки зажигания $K_T = W_2 / W_1$ (W_2 и W_1 — число витков вторичной и первичной обмоток катушки соответственно), силы тока первичной обмотки в момент разрыва $I_{1\max}$, а также индуктивности L_1 и емкости первичной C_1 и вторичной C_2 цепей:

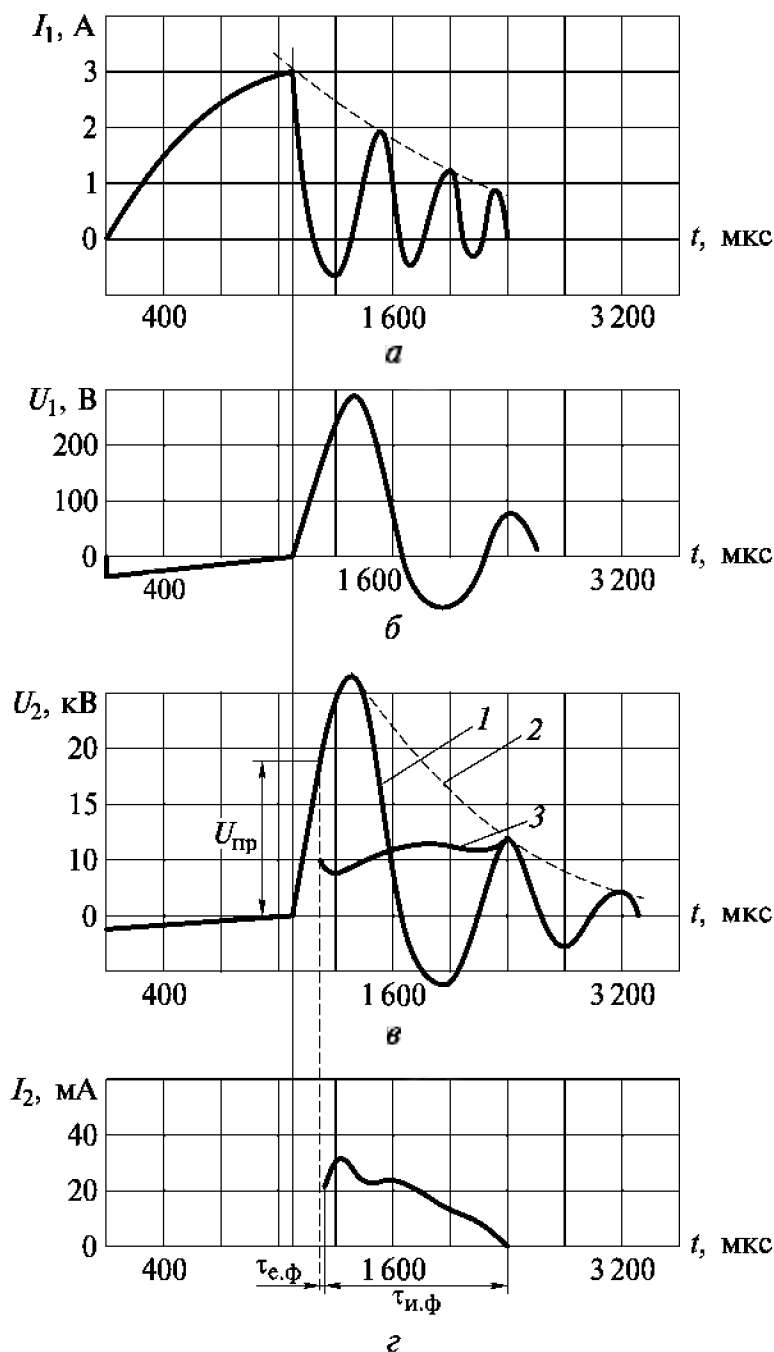


Рис. 5.1. Рабочий процесс высоковольтных систем зажигания с накоплением энергии в индуктивности первичной цепи (на примере контактной классической системы зажигания):

а — процесс нарастания тока I_1 в первичной цепи; *б* — процесс возникновения и протекание напряжения U_1 в первичной обмотке катушки зажигания; *в* — процесс возникновения высокого напряжения U_2 во вторичной обмотке и пробоя искрового промежутка свечи зажигания напряжением $U_{пр}$; *г* — процесс протекания тока I_2 искрового разряда продолжительностью $\tau_{и.ф}$ (индуктивная фаза); 1 — вторичное напряжение при работе катушки зажигания на открытую цепь; 2 — огибающая кривая колебания полуволн вторичного напряжения U_2 ; 3 — напряжение индуктивной фазы искрового разряда; $\tau_{е.ф}$ — продолжительность емкостной фазы разряда

$$U_{2\max} = I_{1\max} K_T K_{\Pi} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2 K_T^2}},$$

где K_{Π} — коэффициент, который учитывает потери энергии в активных сопротивлениях первичной R_1 и вторичной R_2 цепей, в сопротивлении нагара $R_{\text{ш}}$, шунтирующего искровой промежуток, а также в сердечнике катушки при его перемагничивании. Обычно K_{Π} лежит в пределах 0,7...0,8. Влияние $R_{\text{ш}}$ на величину вторичного напряжения значительно уменьшается при увеличении скорости нарастания первой полуволны высокого напряжения. В современных системах зажигания ее значения лежат в пределах 200...700 В/с; L_1 — индуктивность первичной обмотки катушки зажигания, величина ее лежит в пределах от 6,6 до 9,8 мГн в зависимости от конструкции катушки; C_1 — емкость конденсатора, включенного параллельно контактам прерывателя.

Наличие емкости параллельно механическому прерывателю вызвано необходимостью уменьшения скорости нарастания первичного напряжения в начале размыкания контактов. При низких скоростях размыкания контактов прерывателя классической контактной системы зажигания (ККСЗ) на низких частотах вращения вала ДВС первичное напряжение $U_{1\max}$ может превысить напряжение пробоя воздушного промежутка между контактами прерывателя и возникнет электрическая дуга, продолжительность которой зависит от скорости размыкания контактов. Возникновение электрической дуги нежелательно из-за значительного расхода запасенной энергии и снижения высокого напряжения, а также из-за интенсивного электроэрозионного изнашивания контактов прерывателя. Устранению дугообразования способствует увеличение емкости C_1 , а уменьшение ее величины приводит к увеличению высокого напряжения. Поэтому выбор значения C_1 является поиском компромисса между двумя противоречивыми требованиями. Оптимальные значения емкости в ККСЗ составляют 0,22...0,28 мкФ. При электронном прерывателе наличие первичной емкости связано с обеспечением режима переключения выходного транзистора коммутатора с минимальным рассеиванием мощности на переходе эмиттер — коллектор (германиевые транзисторы). Для кремниевых высокочастотных транзисторов наличие емкости C_1 обязательно.

Емкость вторичной цепи системы зажигания C_2 включает в себя емкость вторичной обмотки катушки зажигания, емкость высоковольтных проводов и свечи зажигания.

«Абсолютный максимум» вторичного напряжения можно определить по выражению

$$U_{2\max} = I_{1\max} \sqrt{\frac{L_1}{C_2}},$$

т.е. вся электромагнитная энергия, запасенная в первичной цепи к моменту размыкания контактов прерывателя, полностью превращается в электростатическую энергию вторичной цепи. Это выражение справедливо при определенной настройке первичного и вторичного контуров, когда

$$\frac{L_2 C_2}{L_1 C_1} = \frac{1}{1 - k^2},$$

где k — коэффициент связи обмоток, равный 0,571; 0,835; 0,902; 0,931 соответственно для каждого из отношений частот вторичного контура к первичному: 3; 7; 11; 15.

На практике иногда применяют формулу

$$U_{2\max} = I_{1\max} (W_2/W_1) \sqrt{\frac{0,65 L_1}{C_1 + C_2 (W_2/W_1)^2}},$$

где W_1 , W_2 — число витков в первичной и вторичной обмотках катушки соответственно.

Для пуска мощных дизелей тракторов с использованием пусковых ДВС широко применяются *магнето*. Магнето объединяет в себя генератор переменного тока низкого напряжения с возбуждением от постоянных магнитов, индукционную катушку зажигания, прерыватель и распределитель для двухцилиндровых двигателей. Различают магнето с вращающимся магнитом и вращающимся коммутатором.

При вращении постоянного магнита *11* (рис. 5.2) между полюсными наконечниками *10* неподвижного магнитопровода изменяется величина и направление магнитного потока в сердечнике *7*. Соответственно в обеих обмотках *5* и *6* катушки зажигания индуцируется ЭДС, которая 2 раза за один оборот двухполюсного магнита достигает максимального значения. В режиме холостого хода, когда обмотки находятся в разомкнутом состоянии, максимумы ЭДС в них соответствуют изменению магнитного потока с наибольшей скоростью. В зависимости от конструктивных параметров магнето и частоты вращения ротора ЭДС может достигать значений 50 ... 100 В в первичной и 2 000 ... 3 000 В во вторичной обмотках катушки зажигания.

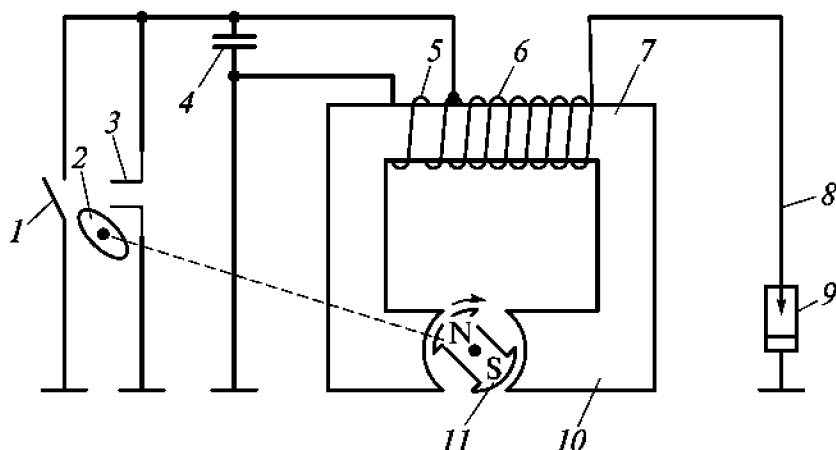


Рис. 5.2. Электрическая схема одноискрового магнето типа М124-БЗ, М130-А и 15.3728:

1 — выключатель зажигания; 2 — кулачок прерывателя; 3 — прерыватель; 4 — искрогасящий конденсатор; 5 — первичная обмотка трансформатора зажигания; 6 — вторичная обмотка; 7 — сердечник; 8 — высоковольтный провод; 9 — свеча зажигания; 10 — полюсные башмаки [наконечники]; 11 — ротор с постоянным магнитом; N, S — полюса якоря магнето

Для увеличения вторичного напряжения и обеспечения точного момента зажигания в цилиндре двигателя в цепь первичной обмотки включен прерыватель 3.

Контакты прерывателя 3 замыкают первичную обмотку, и в ней протекает ток короткого замыкания. Этот ток достигает нескольких ампер и создает свое магнитное поле, которое называют магнитным полем якоря. Магнитное поле якоря взаимодействует с магнитным полем вращающегося магнита, что вызывает перераспределение результирующего магнитного потока. Под набегающей частью полюса происходит разрежение магнитного потока, а под сбегающей — сгущение. В связи с этим изменяются кривые результирующего потока в режиме холостого хода и потока при замкнутой первичной цепи. Изменяется и кривая ЭДС в первичной цепи, максимум которой относительно максимума в режиме холостого хода сдвигается на определенный угол.

Контакты прерывателя 3 должны замыкаться тогда, когда ЭДС в первичной обмотке близка к нулю. Затем ЭДС в первичной обмотке начинает возрастать и сила тока в ней достигает высоких значений. Для получения максимальной величины вторичного напряжения на выходе вторичной обмотки катушки зажигания контакты прерывателя желательно размыкать при достижении максимального значения силы тока в первичной обмотке.

Угол, определяющий положение ротора магнето в момент замыкания контактов прерывателя, называют абрисом магнето. Величина наивыгоднейшего значения абриса магнето определяется опытным путем.

Для предотвращения дугообразования между контактами прерывателя 3 в момент размыкания первичной обмотки катушки зажигания применяется искрогасящий конденсатор 4, величина которого определяется так же как в батарейной системе зажигания (ККСЗ).

5.2. КАТУШКИ ЗАЖИГАНИЯ

Наибольшие конструктивные изменения коснулись катушки зажигания (высоковольтного специального трансформатора), предназначенной для накопления энергии в магнитном поле первичной обмотки с последующим мгновенным выделением ее в искровом промежутке свечи в нужный момент такта сжатия в рабочем цилиндре и в соответствии с заданным порядком работы цилиндров двигателя (высоковольтное и статическое распределение).

В высоковольтных системах зажигания применяются катушки, как с разомкнутым, так и с замкнутым магнитопроводом.

Классические маслonaполненные катушки (рис. 5.3) выполняют по автотрансформаторной схеме соединения обмоток, которая уменьшает число выводов, а в создании высокого напряжения участвует первичная обмотка катушки, включенная последовательно с вторичной обмоткой. Вторичная обмотка 1 намотана на изоляционную втулку, в которую вставлен сердечник 12. Число витков этой обмотки лежит в пределах 16 000...40 000, диаметр провода 0,06...0,09 мм. Поверх вторичной обмотки через изоляционную прокладку располагается первичная обмотка 8. Такое расположение способствует лучшему ее охлаждению. Обмотка имеет 260—330 витков провода диаметром 0,5...0,9 мм. Начало вторичной обмотки соединено с пружиной и латунной клеммой, являющейся высоковольтным выводом 2. На низковольтные выводы подводятся общее соединение вторичной и первичной обмоток и вывод первичной обмотки. Обмотки с сердечником помещены в корпус 5, от которого сердечник изолирован керамическим изолятором 11. В корпусе располагается витой наружный магнитопровод 7, увеличивающий индуктивность обмоток катушки. Между кожухом катушки и крышкой 3, выполненной из высоковольтной пластмассы, проложена герметизирующая прокладка. Внутренняя

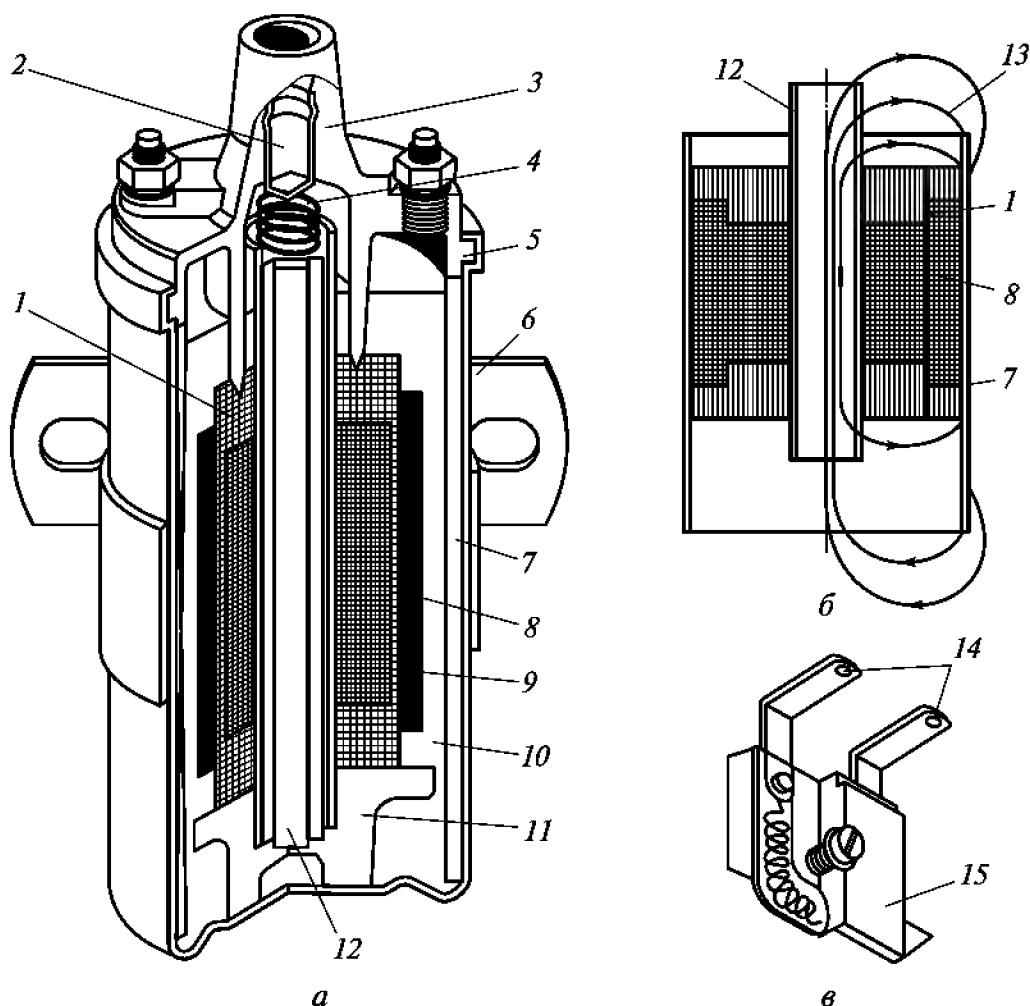


Рис. 5.3. Маслонаполненная катушка зажигания:

а — конструкция; *б* — силовые линии магнитного поля; *в* — добавочный резистор; 1 — вторичная обмотка; 2 — высоковольтная клемма; 3 — высоковольтная крышка; 4 — пружина; 5 — корпус катушки; 6 — крепежная скоба; 7 — наружный магнитопровод; 8 — первичная обмотка; 9 — изоляция между вторичной и первичной обмотками; 10 — масло; 11 — керамический изолятор; 12 — магнитопровод (сердечник); 13 — линии магнитного поля; 14 — клеммы дополнительного резистора; 15 — изолятор резистора

полость катушки заполнена трансформаторным маслом. При пуске двигателя катушка зажигания ККСЗ, контактно-транзисторной системы зажигания (КТСЗ) и некоторых бесконтактных систем зажигания (БСЗ) питается от аккумуляторной батареи и напряжение на ней сильно понижается из-за потребления стартером большой силы тока. Поэтому в них применяется добавочный резистор (см. рис. 5.3, *в* и 5.4), который устраняет влияние снижения напряжения в бортовой сети при пуске на работу катушки зажигания. Для этого он при пуске замыкается накоротко, а при нормальной

работе на нем падает часть напряжения и к катушке зажигания подводится напряжение 7...8 В, на которое она рассчитана.

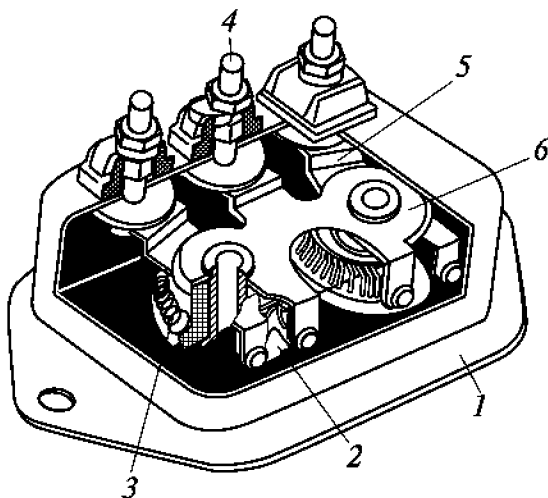
Изготовление добавочного резистора из никелевой проволоки позволяет ему защищать первичную цепь от перегрузки, возможной на малой частоте вращения двигателя. Сопротивление никелевого резистора с ростом силы тока возрастает. На автомобилях, где напряжение при пуске двигателя снижается мало, добавочный резистор не применяется.

Кроме того, по условиям нагрева катушки зажигания мощность потерь в ней не должна превышать предельно допустимый уровень. В КТСЗ сила тока разрыва в первичной цепи катушки зажигания больше, чем у классической контактной системы зажигания, и во избежание перегрева первичной обмотки ее сопротивление уменьшено, что потребовало введения в цепь питания катушки добавочного резистора типа СЭ107 (рис. 5.4), состоящего из двух секций $R_{д.н}$ (3) и $R_{д.з}$ (6). Резистор $R_{д.н}$ включен в цепь первичной обмотки постоянно. Резистор $R_{д.з}$ при пуске двигателя, как и в ККСЗ, замыкается накоротко контактами реле включения или тягового реле стартера, чем обеспечивается компенсация снижения напряжения аккумуляторной батареи, работающей в стартерном режиме разряда. Обе секции добавочного резистора СЭ107 размещены в одном корпусе 1. Каждый резистор выполнен в виде спиралей из константановой проволоки, закрепленных на изоляторах 2. Блок резисторов имеет три вывода: К, ВК и ВК-Б, к которым пластинами присоединены концы резисторов.

При применении в транзисторных коммутаторах электронных устройств, регулирующих время накопления энергии в первичной обмотке катушки зажигания, надобность в добавочном резисторе отпадает.

Рис. 5.4. Дополнительный резистор типа СЭ107:

1 — корпус; 2 — изолятор резистора; 3 — незакорачиваемый резистор $R_{д.н}$; 4 — клемма резистора; 5 — соединитель резистора с клеммой; 6 — резистор $R_{д.з}$



В катушках электронных систем зажигания во избежание опасных воздействий всплесков напряжения на электронные элементы применяется трансформаторная связь, т.е. высокое напряжение появляется только на выводах вторичной обмотки.

У маслонаполненных катушек зажигания с разомкнутым магнитопроводом (см. рис. 5.3, а), применяемых в БСЗ с транзисторным коммутатором и регулируемым временем накопления энергии, которые имеют низкое сопротивление первичной обмотки предусмотрен предохранительный клапан. Он открывается при повышении давления внутри катушки и отказе устройства ограничения тока, так как чрезмерный перегрев катушки может вызвать ее взрыв. После открытия клапана катушка восстановлению не подлежит.

В электронных системах зажигания помимо катушек с разомкнутым магнитопроводом применяются «твердые» **катушки с замкнутым магнитопроводом**. Их называют «твердыми» потому что обмотки таких катушек пропитывают эпоксидным компаундом.

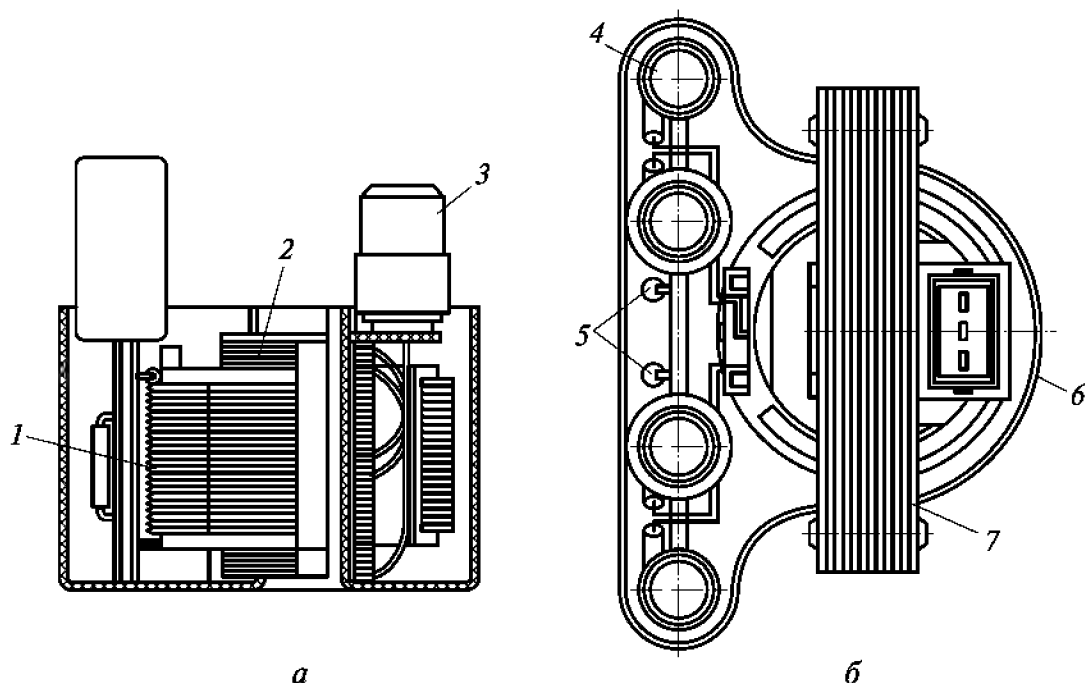


Рис. 5.5. Четырехвыводная катушка зажигания:

а — разрез; б — вид сверху; 1 — вторичная секционная обмотка; 2 — первичная обмотка; 3 — низковольтный разъем; 4 — высоковольтный вывод; 5 — высоковольтные диоды; 6 — корпус катушки; 7 — общий магнитопровод

Катушки с замкнутым магнитопроводом (рис. 5.5) позволяют накопить необходимую для воспламенения рабочей смеси энергию в значительно меньшем объеме первичной обмотки, а также снизить расход обмоточной меди и трудоемкость ее изготовления.

Магнитопровод 7 катушки условно замкнут, так как в нем имеется воздушный зазор 0,3...0,5 мм, который препятствует насыщению магнитопровода в момент колебательного процесса в первичной обмотке и во вторичной цепи.

Вторичная обмотка 1 такой катушки намотана на секционный пластмассовый каркас. Секционная конструкция обмотки уменьшает ее емкость и снижает вероятность межвиткового пробоя. Обмотки секционных катушек помещаются в пластмассовый корпус 6 и также заливаются эпоксидным компаундом. Полученные монолитные конструкции каркасных и бескаркасных обмоток в корпусе собирают вместе с магнитопроводом. Секционную обмотку получают и без каркаса на специальном намоточном оборудовании, в таких конструкциях изоляцией между секциями служит заливочный компаунд.

У четырехвыводных катушек с общим магнитопроводом (см. рис. 5.5, б) и имеющих первичную обмотку, разделенную на две части, работающие попеременно, вставляются высоковольтные разделительные диоды 5.

Выпускаемая четырехвыводная катушка (модуль зажигания типа 42.3705) состоит из двух двухвыводных катушек с параметрами катушки 3122.3705 и встроенного двухканального транзисторного коммутатора. В модуле зажигания высоковольтные диоды могут не применяться.

Следует отметить, что в микропроцессорной системе зажигания (МПСЗ) и микропроцессорной системе управления двигателем (МПСУД) со статическим распределением высокого напряжения по свечам зажигания от индивидуальных катушек встроенные высоковольтные диоды выполняют блокирующую роль от высокого напряжения, возникающего при включении выходного транзистора.

Двух- и четырехвыводные катушки зажигания с замкнутым магнитопроводом в МПСЗ обеспечивают статическое низковольтное распределение высокого напряжения по свечам зажигания.

Индивидуальные катушки зажигания с разомкнутым магнитопроводом и свечным наконечником, монтируемым на свечу (рис. 5.6), применяются в микропроцессорных системах управления двигателем. Появление таких конструкций катушек зажига-

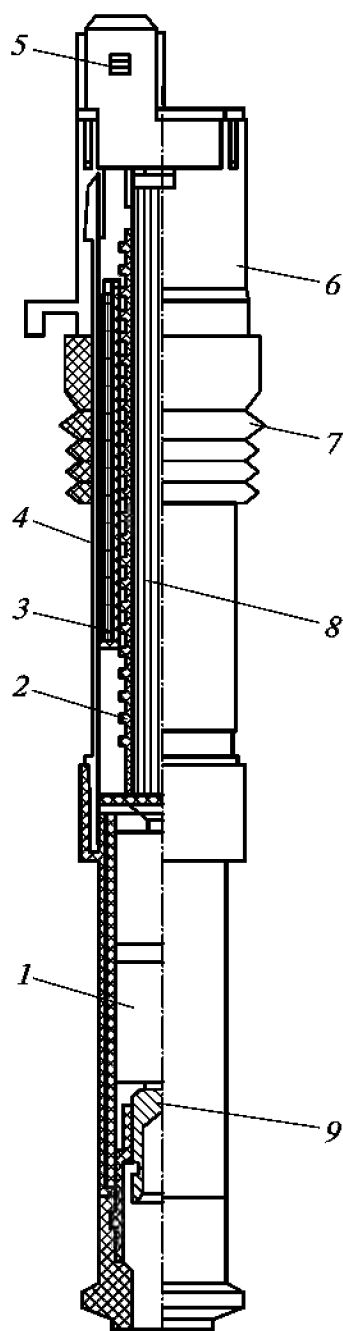


Рис. 5.6. Конструкция стержневой катушки зажигания типа 43.3705:

1 — диагностический конденсатор; 2 — каркас и вторичная обмотка; 3 — каркас и первичная обмотка; 4 — наружный магнитопровод; 5 — низковольтный вывод; 6 — корпус катушки зажигания; 7 — резиновое уплотнение; 8 — сердечник магнитопровода; 9 — высоковольтный вывод

ния связано с тем, что в подкапотном пространстве автомобиля не остается практически места для катушки зажигания и высоковольтного распределителя из-за размещения на двигателе большого количества датчиков и исполнительных механизмов различных систем автоматического управления.

В табл. 5.1 и 5.2 представлены технические характеристики маслonaполненных и «твердых» (опрессованных) катушек зажигания производства АОЗТ «МЗАТЭ-2» и области их применения.

Технические характеристики и применяемость добавочных резисторов приведены в табл. 5.3.

В индивидуальные катушки зажигания, которые получили название «стержневых катушек зажигания», встраивают радиоэлементы (диод, конденсатор). Имеются исследовательские работы по использованию индивидуальных катушек зажигания в каче-

стве ионизационного датчика контроля процесса сгорания в камере сгорания двигателя. Встроенные в катушку зажигания радиоэлементы позволяют использовать ее в качестве диагностического датчика для контроля качества сгорания в каждом цилиндре двигателя. Эта информация может служить для корректировки матрицы регулировочных параметров системы управления.

В зарубежных стержневых катушках зажигания встраивают гибридный транзисторный коммутатор, что позволяет сократить размеры микропроцессорного блока управления. Для обеспече-

Таблица 5.1. Технические характеристики маслонаполненных катушек зажигания						
Показатель	Тип катушки					
	Б114Б	Б115, Б115В	Б116	Б117А	Б118	27.3705, 027.3705
Первичная обмотка						
Марка провода	ПЭВ-1	ПЭЛ	ПЭТВ-2	ПЭМВМ	ПЭВ-1	ПЭВ-1
Диаметр провода, мм	1,33	0,78; 0,69	1,12	0,53	1,12	1,12
Число витков	180	330; 268	260	302	260	198
Сопротивление, Ом	0,345 ... 0,372	1,86 ... 1,99; 1,5 ... 1,61	0,788 ... 0,793	3,072 ... 3,328	0,717 ... 0,727	0,4 ... 0,5
Индуктивность, мГн	2,95 ... 3,35	9,3 ... 9,8; 7,3 ... 7,6	5,65 ... 5,85	10 ... 11	5,65 ... 5,85	3,7 ... 3,8
Вторичная обмотка						
Марка провода	ПЭЛ	ПЭВТА	ПЭВ-155	ПЭМВМ	ПЭЛ	ПЭВ-1
Диаметр провода, мм	0,075	0,085; 0,07	0,065	0,07	0,076	0,071
Число витков	41 000	22 500; 20 800	38 600	23 600	30 000	15 300
Сопротивление, кОм	21,44 ... 22,9	9,34 ... 9,15; 6,14 ... 6,75	15,6	6,3 ... 9,2	15,14	4,5 ... 5,5
Индуктивность, Гн	174 ... 189	45,5 ... 49,0; 32,0 ... 35,0	87,4	44,5 ... 47,5	84,3	22 ... 25

Показатель	Тип катушки					
	Б114Б	Б115, Б115В	Б116	Б117А	Б118	27.3705, 027.3705
Емкость обмотки, пФ	31..36	38 ...44; 48...51	55 ...57	44 ...47	55 ...57	34,3
Коэффициент трансформации	227	68, 88	153	78,5	115	82
$R_{доб}$, Ом	1,0...1,04	1,8 ...1,9; 1,0...1,1	0,52 и 0,71	—	0,54 ...0,66	—
Ток разрыва, А	7,5	3,5; 3,7	7,0	4,0	8,0	7,5
Развиваемое напряжение при $R_{ш} = 1$ мОм, кВ	25	22	20	22	20	22
Время нарастания вторичного напряжения от 2 до 15 кВ, мкс	21	30	20	30	20	20
Длительность искрового разряда- дл, мс	2,3	1,6; 1,7	2,6	1,5	2,6	2,0
Ток искрового разряда, мА	30	38	27	30	27	30
Энергия разряда, мДж	35	25	30	20	35	60
Область применения	Двигатели ЗИЛ-130, ЗМЗ-53	Двигатели УЗАМ	Двигатели ЗИЛ-131	Двигатели ВАЗ-1200, -1300, -1500, -1600	Двигатели ЗИЛ-131	Двигатели ВАЗ с БСЗ с датчиком Холла

Таблица 5.2. Технические характеристики «твердых» катушек зажигания

Показатель	Тип катушки		
	3022.3705	Модуль зажигания 42.3705	4412.3705
Первичная обмотка			
Марка провода	ПЭВ-1	—	—
Диаметр провода, мм	0,71	0,78	0,71
Число витков	110±1	100±3	110±3
Сопротивление обмотки, Ом	0,345 ... 0,372	0,4	0,66
Индуктивность обмотки, мГн	2,4	—	3,35
Вторичная обмотка			
Диаметр провода, мм	0,05	0,05	0,05
Число витков	8 000	7 500	7 500
Сопротивление, кОм	7,5	7,0	7,25
Индуктивность обмотки, Гн	32	30	30
Емкость обмотки, пФ	24	—	—
Коэффициент трансформации	73	75	80

Показатель	Тип катушки			
	3022.3705	Модуль зажигания 42.3705	4412.3705	43.3705
Сила тока разрыва, А	7,3	7,5	7,5	7,5
Развиваемое напряжение при $R_{\text{ш}} = 1 \text{ МОм}$, кВ	24	28	25	24
Время нарастания вторичного напряжения от 2 до 15 кВ, мкс	21	21	Скорость нарастания вторичного напряжения от 2 до 15 кВ — 600 В/с	Скорость нарастания вторичного напряжения от 2 до 15 кВ — 800 В/мкс
Длительность искрового разряда, мс	2,2	2,3	2,3	1,35
Сила тока искрового разряда, мА	30	30	30	30
Энергия, искрового разряда, мДж	50	55	55	40
Область применения	Двигатели ЗМЗ-406, ВАЗ-1111	Двигатели ВАЗ с впрыскиванием топлива	Двигатели ЗМЗ-406, ВАЗ-1111	Двигатели ВАЗ-1119

Таблица 5.3. Технические характеристики добавочных резисторов

Тип резистора	Номинальное напряжение, В	Сопротивление, Ом	Типы катушек зажигания	Область применения	Изготовитель
СЭ107	12	0,52 и 0,52	Б114-Б	Автомобили ГАЗ-53, ЗИЛ-131, -130К, -431917, -157КД; «Урал-375ДМ». Автобусы ПАЗ-3203	АОЗТ «МЗАТЭ-2»
СЭ326	12	0,54...0,66	Б118	ЗИЛ-131Н, -4319917; «Урал-375ДМ»; ГАЗ-66-А, -33015	
14.3729	12	0,52 и 0,71	Б116, Б116-01, Б116-02	ГАЗ, УАЗ,	АОЗТ «СОАТЭ»

ния их высокой энергоемкости при малых габаритных размерах в магнитопровод встроены постоянные магниты (железо — неодим — бор) высокой энергии *10* (см. рис. 5.6).

В последнее время проявился интерес к высокочастотным аппаратам зажигания для многоцилиндровых двигателей. В этих системах применяются высокочастотные индивидуальные катушки зажигания, надеваемые на свечи.

5.3. РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ И ДАТЧИКИ-РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ ЗАЖИГАНИЯ

Распределители классических контактных систем зажигания состоят из корпуса, в котором расположены подвижная и неподвижная пластины, центробежный и вакуумный регуляторы. На подвижной пластине размещен прерывательный механизм, состоящий из кулачка, подвижного и неподвижного контактов. Датчики-распределители бесконтактных систем зажигания отличаются от прерывателей-распределителей тем, что в них контактный прерыватель заменен бесконтактным датчиком или микропереключателем на эффекте Холла. В бесконтактном датчике магнитоэлектрического типа число пар полюсов соответствует числу цилиндров

двигателя. В датчике-распределителе с датчиком Холла этому числу соответствует число прорезей вращающегося магнитного экрана. Центробежный регулятор угла опережения зажигания в датчике-распределителе с магнитоэлектрическим датчиком (МЭД) поворачивает втулку с ротором датчика. В распределителе с датчиком Холла поворачивается муфта с закрепленным на ней магнитным экраном (шторкой). Вакуумные автоматы поворачивают пластину крепления обмотки МЭД или микропереключателя Холла. Октан-корректор имеет шкалу со знаками «+» и «-» для изменения в сторону увеличения или уменьшения угла опережения зажигания (УОЗ) и риски (установочные метки).

Для повышения точности установки момента искрообразования у некоторых типов датчиков-распределителей привод осуществляется непосредственно от распределительного вала двигателя.

Крышки датчиков-распределителей систем зажигания высокой энергии обычно увеличены в диаметре по сравнению с распределителями контактной системы, что предотвращает вероятность высоковольтного перекрытия между электродами. Крышки таких распределителей изготавливают из специальной высоковольтной пластмассы.

Датчики-распределители БСЗ (рис. 5.7) изготавливаются на базе традиционных конструкций распределителей ККСЗ и КТСЗ, в которых узел контактного прерывательного механизма заменен бесконтактным датчиком.

В корпусе 3 на подшипнике 15 расположена пластина со статором 13 МЭД генераторного типа. Ротор датчика 21 напрессован на латунную втулку 12, которая связана с пластиной центробежного регулятора 16 УОЗ. Ротор состоит из кольцевого постоянного магнита марки ЮНДК18 и двух клювообразных наконечников. Один наконечник имеет северный полюс, а другой — южный. Магнит с наконечниками залит эпоксидным компаундом. Для правильной установки полюсных наконечников на втулку 12 на каждой пластине магнитопровода ротора предусмотрен шип, а во втулке 12 — паз.

Статор состоит из обмотки и двух стальных пластин с наконечниками, один конец обмотки МЭД соединен с корпусом, а второй — с выводом 5 датчика-распределителя.

Для правильной установки зажигания на статоре и роторе нанесены метки 20, которые совмещаются при положении поршня первого цилиндра в ВМТ конца такта сжатия.

Датчики-распределители с МЭД для шести- и восьмицилиндровых двигателей конструктивно различаются числом пар полюсов

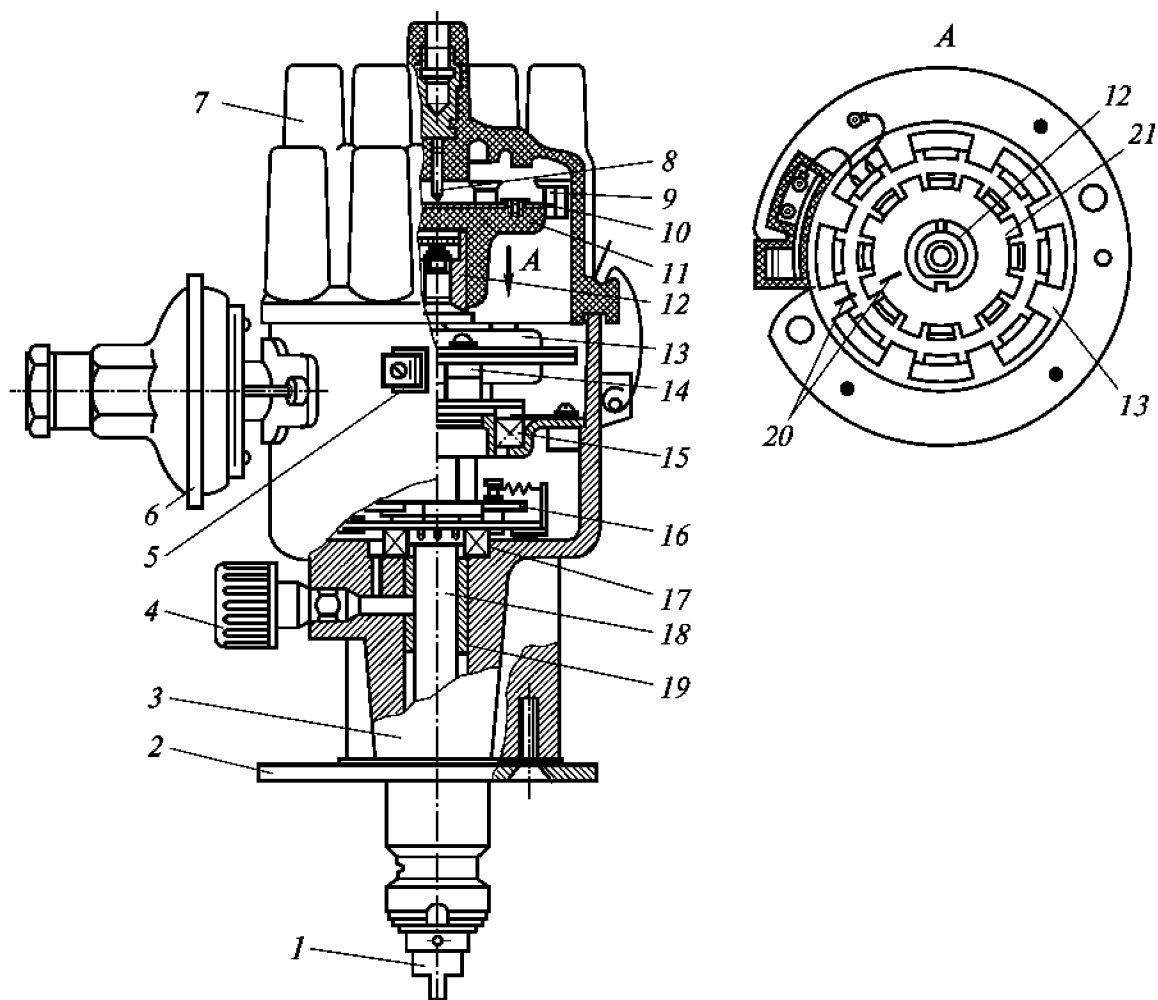


Рис. 5.7. Конструкция датчика-распределителя типа 24.3706:

1 — муфта распределителя; 2 — пластина октан-корректора; 3 — корпус распределителя; 4 — пресс-масленка; 5 — вывод обмотки магнитоэлектрического датчика; 6 — вакуумный регулятор УОЗ; 7 — высоковольтная крышка; 8 — центральный уголек; 9 — наружный контакт высоковольтного ротора; 10 — центральный контакт ротора; 11 — высоковольтный ротор; 12 — втулка центробежного регулятора УОЗ; 13 — статор магнитоэлектрического датчика; 14 — изоляционная шайба; 15, 17 — подшипники; 16 — центробежный регулятор УОЗ; 18 — валик распределителя; 19 — металлокерамическая втулка; 20 — установочные метки; 21 — ротор датчика

статора и ротора и соответствующим числом высоковольтных выводов крышки распределителя.

Датчик-распределитель для БСЗ с датчиком Холла (рис. 5.8) комплектуется на двигателе с приводом непосредственно от распределительного вала и расположен горизонтально. Такая компоновка позволила уменьшить асинхронизм искрообразования по цилиндрам двигателя и улучшила точность установки УОЗ.

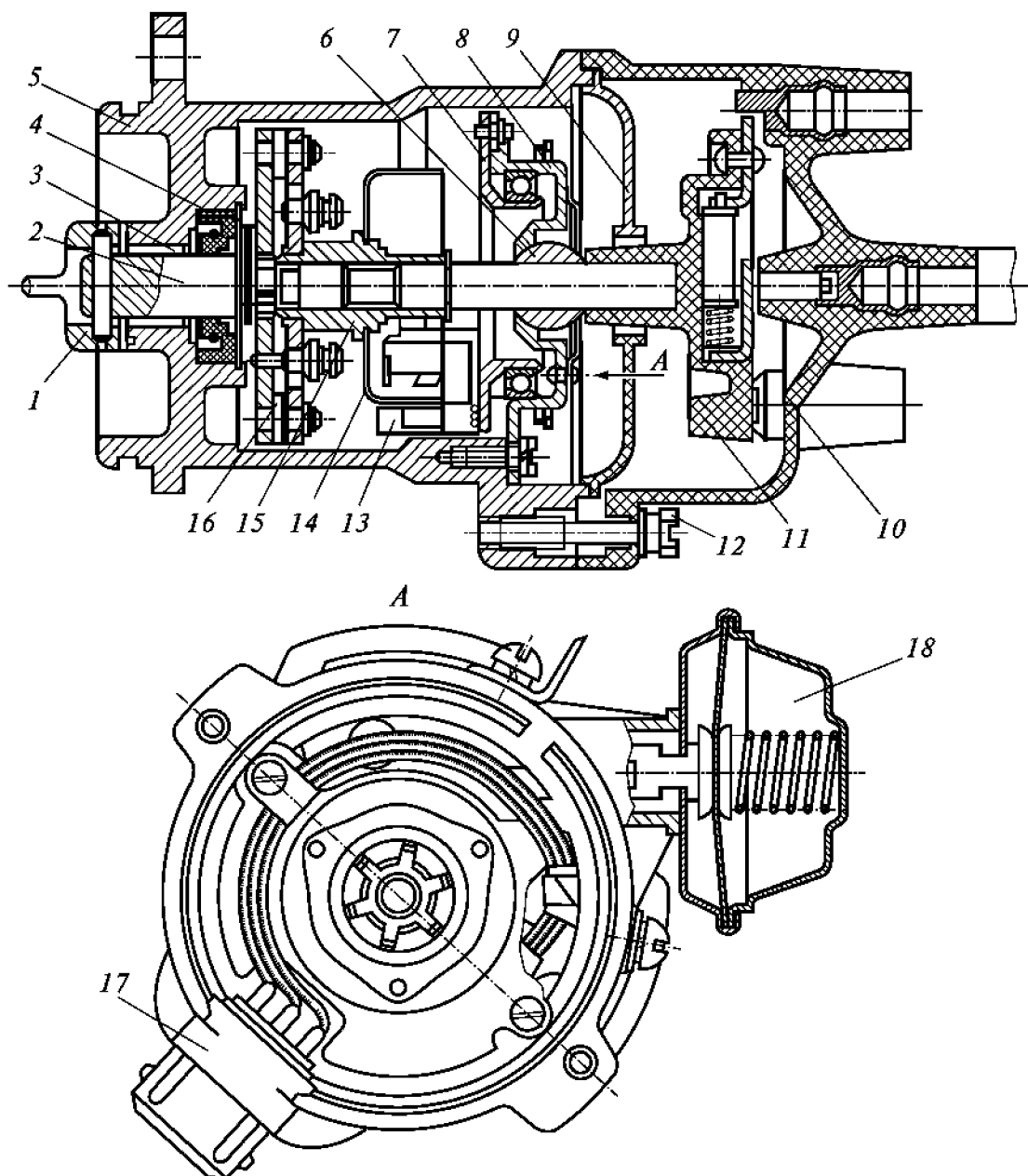


Рис. 5.8. Конструкция датчика-распределителя типа 40.3706 БСЗ с датчиком Холла:

1 — муфта; 2 — валик распределителя; 3 — маслоотражательное кольцо; 4 — сальник; 5 — корпус датчика-распределителя; 6 — втулка; 7 — подшипник; 8 — неподвижная пластина; 9 — защитная перегородка; 10 — высоковольтная крышка; 11 — высоковольтный ротор; 12 — крепежный винт; 13 — датчик Холла; 14 — экран-замыкатель датчика Холла; 15 — втулка крепления замыкателя; 16 — центробежный автомат УОЗ; 17 — разъем; 18 — вакуумный автомат УОЗ

В корпусе 5 датчика-распределителя типа 40.3706 на неподвижной пластине 8 расположен микропереключатель, действие которого основано на эффекте Холла. Датчик Холла 13 состоит из по-

Таблица 5.4. Технические характеристики распределителей и датчиков-распределителей зажигания							
Тип распределителя	Особенности конструкции	Количество искр за один оборот валанка	Максимальный угол опережения зажигания, °	Комплектность и области применения			Изготовитель
				Коммутатор	Катушка, добавочное сопротивление, аварийный вибратор	Двигатель	
Контактные распределители классических и контактно-транзисторных систем зажигания							
P-119Б-0, 110	Шип	4	17,5/8	—	Б115В2	ЗМЗ-24, УАЗ-451М	АОЗТ «СО- АТЭ»
P133	»	8	11/10	ТК102А	Б114Б СЭ107	ЗМЗ-53, -672	АО «ПАТЭ»
P137	»	8	19/10	ТК102А	Б114Б СЭ107	ЗИЛ-508.10	
P147-А	»	4	15/12	—	Б115В	УфМЗ-412	АОЗТ «МЗАТЭ-2»
17.3706, 17.3706МА,МВ М1	»	4	14,5/5	—	Б115В Б115В2	УфМЗ-412	
30.3706, -01,-02, -04, -05,-81, -82,-83; 030.37-10	Шлицы	4	16,5/7 16,5/— 15,5/6	—	Б117 и модификации (01, 11)	ВАЗ-2101, -2103, -2105, -2121	
4651.3706 46.37706	Шип	8	10/9	ТК102А	Б114Б СЭ107	ЗИЛ-508.10	

Тип распределителя	Особенности конструкции	Количество искр за один оборот вาลки	Максимальный угол опережения зажигания*, °	Комплектность и области применения			Изготовитель
				Коммутатор	Катушка, добавочное сопротивление, аварийный вибратор	Двигатель	
4701.3706	Шип	4	14/11	—	Б115В Б115В2	УФМЗ-412	АОЗТ «МЗАТЭ-2»
76.3706	»	4	17/9	—	Б115В	УМЗ-414А	ООО «Электром»
Бесконтактные датчики-распределители с магнитоэлектрическим датчиком							
Р351	Шип	8	17,5/—	ТК200-01	Б118 экранированная СЭ-326 РС331	ЗИА-509.10	АОЗТ «СОАТЭ»
19.2706	»	4	17,5/9	13.3734-01	Б116; 14.3729	ЗМЗ-402.10	
Р352	»	8	10/9	13.3737-01	Б118 экранированная СЭ-326, 51.3747-01	ЗМЗ-66	
24.3706	»	8	10/6	13.3734; 13.3734-01	Б116, Б116-01, Б116-02, 14.3729, 51.3747-01	ЗМЗ-53, ЗМЗ-66	
33.3706	»	4	15,5/9	13.3734-01	Б116, Б116-01, Б116-02, 14.3729, 51.3747-01	УМЗ-414А	

Бесконтактные датчики-распределители с датчиком Холла							
38.3706 и его модификации 038.3706	Шлицы	4	16,5/7	76.3734 036.3734	27.3705 027.3705 3122.3705	BA3-2106, -2107, -2121	АОЗТ «СОАТЭ»
40.3706 040.3706	Муфта-шип, горизон- тальная установка	4	13/8	76.3734 036.3734	27.3705 027.3705	BA3-2108, -2109	АОЗТ «МЗАТЭ-2»
5406.3706	Шип	4	14/11	76.3734 036.3734	27.3705 027.3705	УФМЗ-412	
5406.37706-05	»	4	17/10	76.3734 036.3734	27.3705 027.3705	ЗМЗ-24-01	
5406.3706-06	»	4	17/10	76.3734 036.3734	27.3705 027.3705	УМЗ-451М	
5502.3706, Датчик момента искро- образования	Муфта- шип	2	13/11	76.3734 036.3734	30.22.3705	BA3-1111	
055200.3706, Дат- чик момента искрообразования		2	12/11	76.3734	30.22.3705	BA3-1111	
67.3706	Шип	8	10/9	76.3734 036.3734	27.3705 027.3705	ЗИЛ-508.10	

* В числителе условной дроби — при центробежном регуляторе, в знаменателе — при вакуумном.

стоянного магнита, полупроводниковой пластинки и интегральной микросхемы.

Между полупроводниковой пластинкой и магнитом находится зазор, в котором проходит стальной экран *14* с четырьмя прорезями по числу цилиндров. Стальной экран связан с валиком датчика-распределителя.

Центробежный автомат УОЗ *16* закреплен на валике. К втулке ведомой пластины центробежного автомата прикреплен стальной экран.

Технические характеристики и применяемость распределителей зажигания контактных и бесконтактных систем приведены в табл. 5.4.

5.4. КОНСТРУКЦИЯ ТРАНЗИСТОРНЫХ КОММУТАТОРОВ

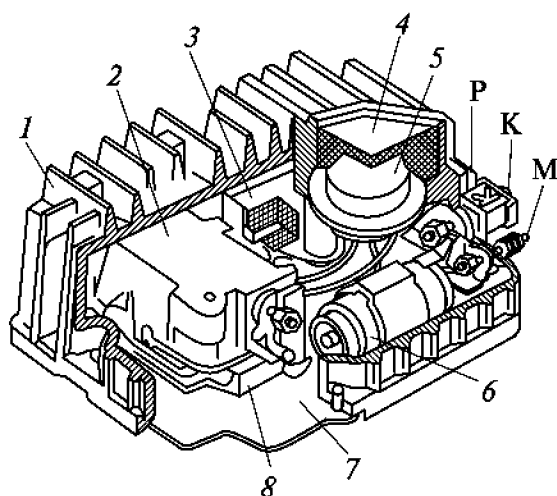
Транзисторный коммутатор ТК102А (рис. 5.9) имеет литой алюминиевый корпус *1* с ребристой поверхностью для лучшего охлаждения. Внутри корпуса находятся конденсатор *6*, импульсный трансформатор *3* и блок *2*, залитый полиэфирным компаундом, в котором размещены остальные элементы коммутатора. Радиатор для охлаждения *8* предотвращает перегрев стабилитрона. Транзистор *5* находится в углублении корпуса. В первых конструкциях транзистор заливался эпоксидной смолой. Снизу к корпусу *1* коммутатора заклепками прикреплено металлическое основание *7*. Выводы «Р», «К», «М» и один вывод без обозначения находятся на колодке, установленной на боковой стенке корпуса. Так как германиевый транзистор ГТ701А имеет низкую максимальную рабочую температуру (75 °С), коммутатор устанавливается в кабине водителя.

Транзисторный коммутатор 36.3734 БСЗ с датчиком Холла выполнен на дискретных элементах: микросхемах, транзисторах, диодах, стабилитроне, резисторах и конденсаторах.

Микросхемы выполняют функции регулирования времени накопления при различных частотах вращения коленчатого вала и напряжении бортовой сети с формированием импульсов тока в первичной цепи катушки зажигания определенной длительности. Они обеспечивают минимальное рассеивание мощности на выходном транзисторе при условии накопления в магнитном поле катушки зажигания энергии, достаточной для получения требуемых параметров искрового разряда. Кроме того, ограничивается амплитуда импульсов тока в первичной цепи катушки зажигания при

Рис. 5.9. Конструкция транзисторного коммутатора ТК102А:

1 — литой корпус; 2 — блок под сборки схемы коммутатора; 3 — импульсный трансформатор; 4 — эпоксидная смола; 5 — транзистор ГТ701А; 6 — конденсатор; 7 — основание; 8 — теплоотвод (радиатор)



низких частотах вращения коленчатого вала двигателя и высоком напряжении бортовой сети электрооборудования автомобиля.

Когда коленчатый вал двигателя не вращается, а контакты выключателя зажигания замкнуты, протекание тока в первичной обмотке катушки зажигания прекращается.

Коммутатор 36.3734 относился к группе электронных устройств, выполняемых на дискретных полупроводниковых компонентах и корпусных интегральных микросхемах. Коммутаторы этой группы имели большие габаритные размеры и массу. Расширение числа функций коммутатора обеспечено за счет большего числа как активных, так и пассивных элементов электронной техники, что приводит к снижению надежности.

Повышение надежности электронных изделий решается путем применения новых комплектующих и технологических процессов. В транзисторном коммутаторе типа 3620.3734 (рис. 5.10) для реализации сложных функций управления применена специализированная микросхема DA1 типа L497B и выходной каскад VT1 на транзисторе BU931Z.

Повышение степени интеграции коммутаторов достигнуто с помощью гибридной технологии и применения бескорпусных специализированных микросхем, в которых в рамках единой полупроводниковой технологии объединены такие функциональные компоненты, как усилители, интеграторы, инверторы, компараторы, транзисторы по схеме Дарлингтона на одном кристалле кремния.

На базе коммутаторов 36.3734 и 3620.3734 были разработаны коммутаторы 42.3734 и 98.3734, имеющие дополнительный управляющий вход «РК» для сигнала разделения канала от контроллера или двух сигналов с датчиков Холла и двухканальный выход 7 и 1

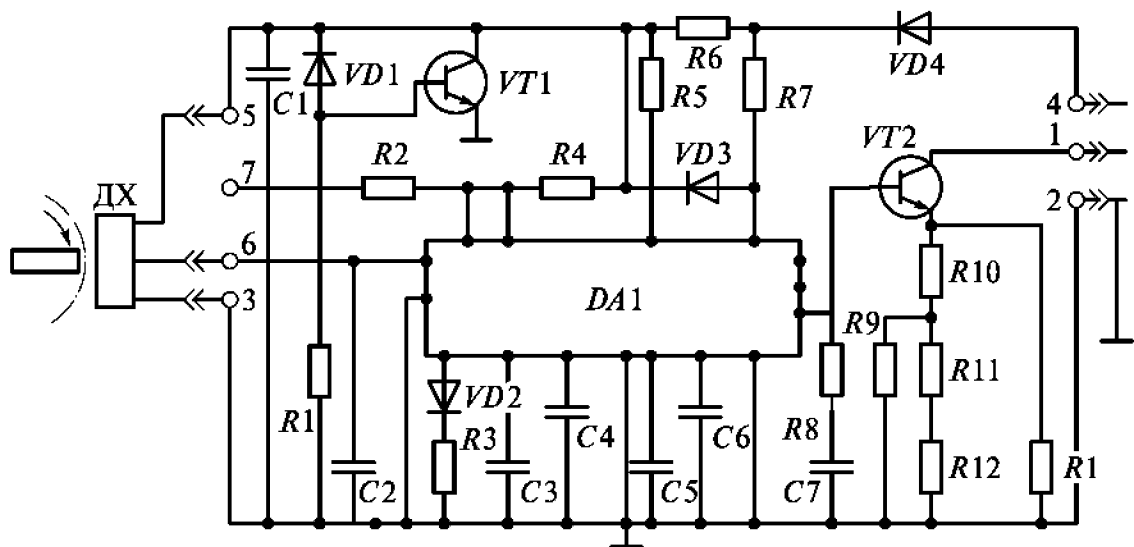


Рис. 5.10. Электрическая схема транзисторного коммутатора 3620.3734 БСЗ с датчиком Холла:

VT2 — выходной транзистор типа BU931; *C* — конденсаторы различной емкости: *C1* — 0,22 мкФ, *C2*, *C7* — 2200 пФ, *C3*, *C4* — 0,1 мкФ, *C5*, *C6* — 1,0 мкФ; *DA1* — микросхема типа L497D; *R* — резисторы различных значений: *R1*, *R2*, *R4* — 1 кОм, *R3* — 62 кОм, *R5* — 100 Ом, *R6* — 22 Ом, *R7* — 47 Ом, *R8* — 10 кОм, *R9* — 470 Ом, *R10* — 330 Ом, *R11* — 680 Ом, *R12* — величину подбирают регулировкой при настройке, *R13* — 0,1 Ом; *VD1* — стабилитрон типа KC518A; *VD2* — диод типа K521A; *VD3*, *VD4* — диоды типа K209A; *VT1* — транзистор типа BU931Z; ДХ — датчик Холла; 1–7 — клеммы разъема

(транзисторы *VT1* и *VT2*, рис. 5.11). Эти коммутаторы применяют в микропроцессорных системах управления или на двухцилиндровых ДВС с двухвыводными катушками зажигания. По принципу управления периодом накопления энергии эти коммутаторы полностью аналогичны коммутатору 3620.3734 и содержат те же микросхемы и транзисторы. Основное отличие заключается в наличии двух выходных усилительных каскадов, управляющих работой выходных транзисторов.

Выходные транзисторы *VT1*, *VT2* коммутируют токи в первичных обмотках двух катушек зажигания соответственно первого и четвертого, второго и третьего цилиндров. Процесс управления искрообразованием по первому и второму каналам аналогичны. Конструктивно коммутатор 42.3734 был выполнен на двух печатных платах: плата, на которой размещается операционная часть коммутатора и плата с выходными каскадами. Выходные транзисторы смонтированы на дополнительном радиаторе. Обе платы установлены в корпусе коммутатора одна под другой. В коммутаторе 42.3734 формируется также сигнал управления тахометром.

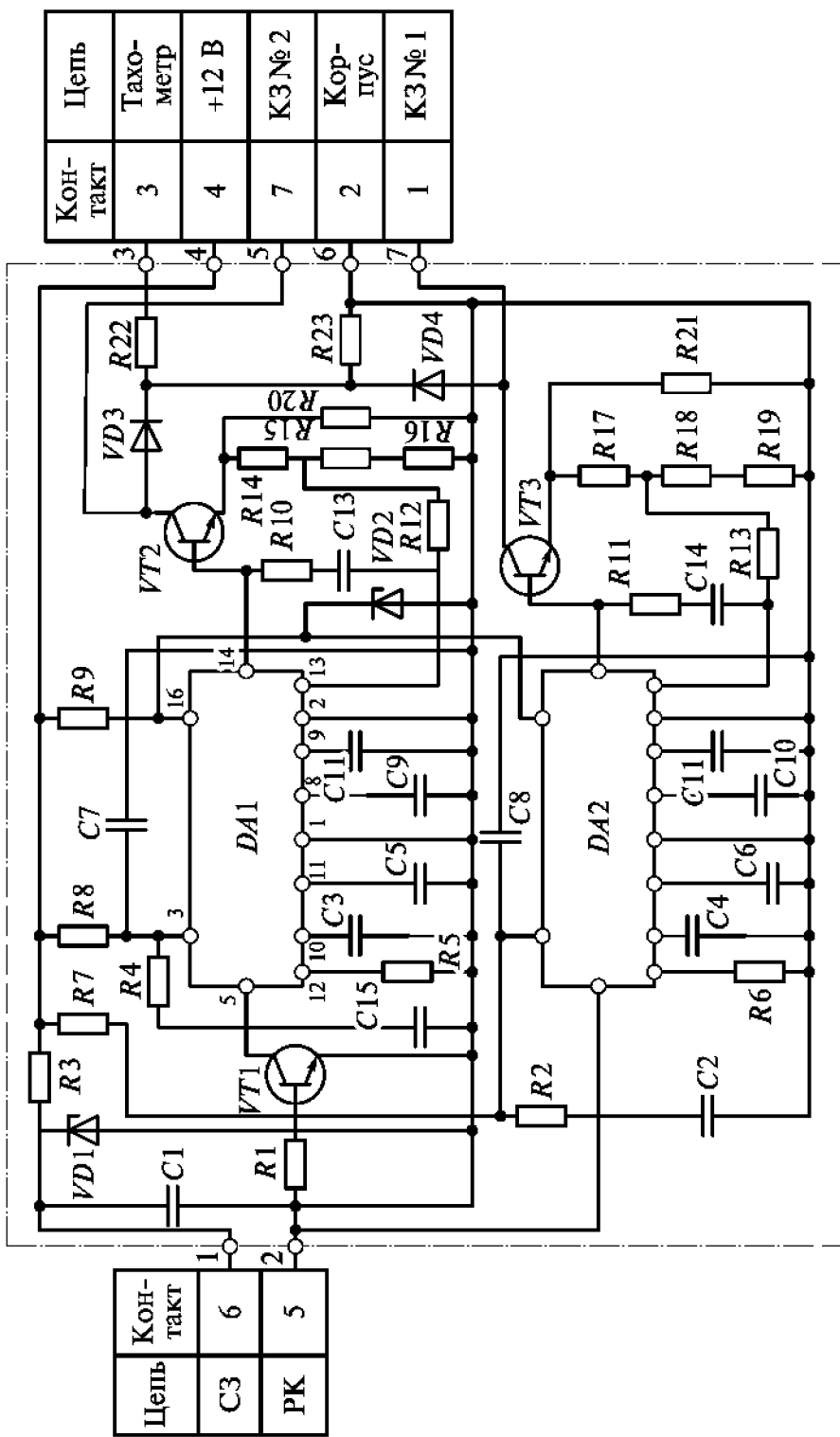


Рис. 5.11. Принципиальная электрическая схема двухканального транзисторного коммутатора типа 42.3734-20:

VD1 — диод типа 1N3025B; VD2 — диод типа 1N3029B; VD3, VD4 — диоды типа КД209А; DA1, DA2 — микросхемы типа L497D; C — конденсаторы различной емкости: C1, C5, C6 — 0,22 мкФ, C2, C13—C15 — 2200 пФ, C3, C4 — 0,1 мкФ, C7, C8 — 33 мкФ, C9—C12 — 1,0 мкФ; R — резисторы различных значений: R1 — 43 кОм, R2 — 820 Ом, R3 — 82 Ом, R4 — 30 кОм, R5, R6 — 82 кОм, R7—R9 — 100 Ом, R10, R11 — 10 кОм, R12, R13 — 2,2 кОм, R14, R17 — 330 Ом, R15 — 120 Ом, R16, R19 — 47 Ом, R18 — 470 Ом, R20, R21 — 0,1 Ом, R22 — 10 кОм, R23 — 30 кОм; VT1 — транзисторы типа КТ342БМ, VT2, VT3 — транзисторы типа ВU931ZPF1; C3 — система зажигания; РК — разделение канала зажигания

Коммутаторы, выполненные по гибридной технологии, имеют малые габариты и высокие показатели надежности. К этой группе относятся транзисторные коммутаторы типа 76.3734, 95.3734. На керамической плате размещены резисторы, полученные обжигом резистивных и диэлектрических паст, и подогнанные по номиналу с помощью лазерных установок, а также микросхема L497D1, конденсаторы и диоды. Кристаллы выходного транзистора по схеме Дарлингтона и диода приклеиваются к основанию корпуса, как и керамическая плата. Соединения между платой и кристаллами осуществляется с помощью разварки ультразвуком серебряной проволоки.

Двухканальный коммутатор 84.3734-05 (рис. 5.12), выполненный по гибридной технологии, имеет весовые характеристики в

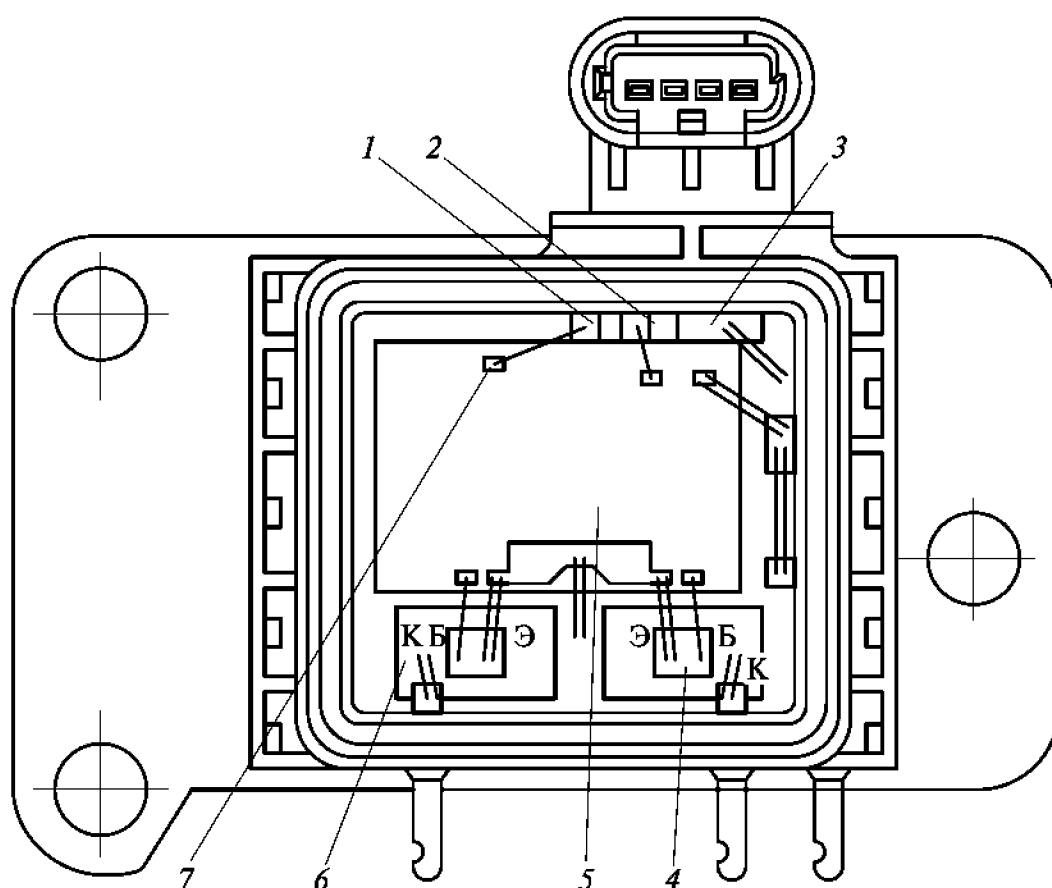


Рис. 5.12. Двухканальный гибридный транзисторный коммутатор типа 84.3734-05:

1, 2, 3 — контактные площадки разъема; 4 — бескорпусной транзистор по схеме Дарлингтона; 5 — керамическая плата; 6 — теплоотвод кристалла выходного транзистора; 7 — контактные площадки керамической платы; Э — эмиттер транзистора; Б — база транзистора; К — коллектор транзистора

Таблица 5.5. Технические характеристики транзисторных коммутаторов и области их применения						
Тип коммутатора, конструкция	Номинальное напряжение, В	Максимальная сила тока, А	Конструкция разъема	Масса, кг	Область применения	Изготовитель
Контактно-транзисторные системы зажигания						
TK-102A	12	10,0	Четыре винтовые клеммы	0,38	ЗИЛ-508.10, -509.10	АОЗТ «МЗАТЭ-2»
Бесконтактные системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком						
TK-200	12	8,5	Три герметичных разъема	0,8	ЗИЛ-509.10	АОЗТ «СОАТЭ»
13.3734-01	12	8,0	Четыре винтовых клеммы	0,36	ЗМЗ-66, -402.10, -53, УМЗ-414Ф	
90.3734	12	8,0	То же	0,36	ЗМЗ для легковых и грузовых автомобилей	ОАО «Автоприбор»
94.3734	12	8,0	»	0,36	ЗМЗ, УМЗ	ОАО «ЧПЗ ЭЛАРА»
97.3734 (гибридный)	12	8,0	»	0,18	ЗМЗ-53, УМЗ-414А	ООО «АСТРО»
131.3734	12	8,0	»	0,42	ЗМЗ-402.10, ЗМЗ-53, УМЗ-414А	АОЗТ «СОАТЭ»

Тип коммутатора, конструкция	Номинальное напряжение, В	Максимальная сила тока, А	Конструкция разъема	Масса, кг	Область применения	Изготовитель
Бесконтактные системы зажигания с датчиком Холла						
3660.3734	12	7,5	7-штекерный разъем	0,36	ЗИЛ-508.10	АОЗТ «МЗАТЭ-2»
036.3734	12	7,5	То же	0,30	ВАЗ-2106, -07, -21, -03, -10; УфМЗ-412, ЗМЗ-24-01, УМЗ-451М, ЗИЛ-508.10	
6420.3734	12	7,5	»	0,42	МПСЗ	
76.3734 (гибридный)	12	7,5	»	0,25	ВАЗ-2106, -07, -21, -03, -10, -08, УфМЗ-412, ЗМЗ-24-01, УМЗ-451М, ВАЗ-1111, ЗИЛ-508.10	
84.3734 (2-канальный, гибридный)	12	7,5	7-штекерный разъем	0,30	МПСЗ	
95.3734 (гибридный)	12	7,5	То же	0,22	ВАЗ-2108, -1111	ООО «АСТРО»
98.3734	12	7,5	»	0,35	ВАЗ-2108, -09, -213	ОАО ЧПЗ «ЭЛАРА»

несколько раз меньшие, чем дискретный вариант (0,18 кг вместо 0,43 кг). Такая же конструкция гибридного коммутатора применяется и в модуле зажигания типа 42.3705. Кристаллы выходных каскадов серебряными проводниками соединяются с контактными площадками 7 на керамической плате 5. Таким же образом плата соединяется с клеммами разъема.

Технические характеристики транзисторных коммутаторов в бесконтактных системах зажигания с магнитоэлектрическими датчиками и датчиком Холла и области их применения приведены в табл. 5.5.

5.5. КОНТРОЛЛЕРЫ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ

Микропроцессорные системы зажигания обладают высокой гибкостью управления и возможностью реализации комплексных функций и характеристик. В МПСЗ управление процессом обработки информации не обусловлено жесткими связями функциональных узлов, определенными электрической схемой и зафиксированными топологическим рисунком печатной платы. В МПСЗ используется принцип программируемой логики, который предполагает управление моментом искрообразования по определенной программе, занесенной в универсальное управляющее устройство. В зависимости от введенной программы управляющее устройство способно обеспечивать требуемые характеристики не только системы зажигания, но и электронной системы топливоподачи. Для построения управляющего устройства требуется небольшое число больших интегральных схем, которые образуют микропроцессорный комплект.

Основной частью МПСЗ является микропроцессор (МП) (обычно восьми- или шестнадцатиразрядный), который содержит арифметико-логическое устройство, которое производит арифметические операции сложения и вычитания (логические элементы «ИЛИ»), умножения (логические элементы «И») или инверсии (логические элементы «НЕ») и др.

Программы управления процессами вычислений, характеристики углов опережения зажигания и топливоподачи и другие данные заносятся в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) методами необратимого программирования (маскированием, вжиганием).

Информация от датчиков параметров рабочего процесса двигателя, которая контролируется при изменении режима работы дви-

гателя и обновляется в каждом цикле вычислений после появления опорного сигнала, поступает в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Эта информация хранится в ОЗУ до тех пор, пока она не будет востребована по сигналу, устанавливаемому программой, заложенной в ПЗУ.

Используя информацию от датчиков и занесенные в ПЗУ данные таблиц УОЗ, микропроцессор вычисляет оптимальный УОЗ для каждого цикла работы двигателя и формирует соответствующий этому углу сигнал на выходе контроллера для электронного коммутатора. Значения УОЗ в таблицах ПЗУ оптимизированы по показателям качества рабочего процесса двигателя — максимум мощности и экономичности при минимуме или ограничениях токсичности отработавших газов.

Сочетание в МПСЗ программных и аппаратных средств регулирования момента зажигания позволяет вычислять оптимальный УОЗ в течение 8...12 мкс. Достоинства МПСЗ обусловлены возможностью наращивания функций для обеспечения работы от большего числа датчиков, например в случае ввода в ПЗУ программы управления УОЗ по степени детонации, а также для самодиагностирования. Для изменения алгоритма управления МПСЗ нет необходимости изменять структуру всей системы. Достаточно разработать новую программу управления УОЗ микропроцессором и записать ее в ПЗУ контроллера.

Конструктивно контроллер был выполнен на двухсторонней печатной плате, которая закреплялась на основании контроллера из алюминиевого сплава размером 150×60 мм с односторонним расположением элементов, и защищалась стальным кожухом. Структурная схема микропроцессорной системы зажигания с контроллером «Электроника МС2713» и встроенным датчиком разрежения, электронным двухканальным коммутатором и двумя двухвыводными катушками зажигания представлена на рис. 5.13.

На печатной плате контроллера «Электроника МС2713» располагались следующие функциональные блоки:

- преобразователи квазисинусоидальных сигналов индуктивных датчиков ДНО и ДУИ в прямоугольные импульсы с логическими уровнями интегральных структур;
- преобразователь сигнала полупроводникового датчика температуры порогового типа, вырабатывающий сигналы логического нуля или логической единицы в зависимости от уровня температуры $t_{\text{ож}}$ охлаждающей жидкости двигателя (ниже или выше 65 °С);

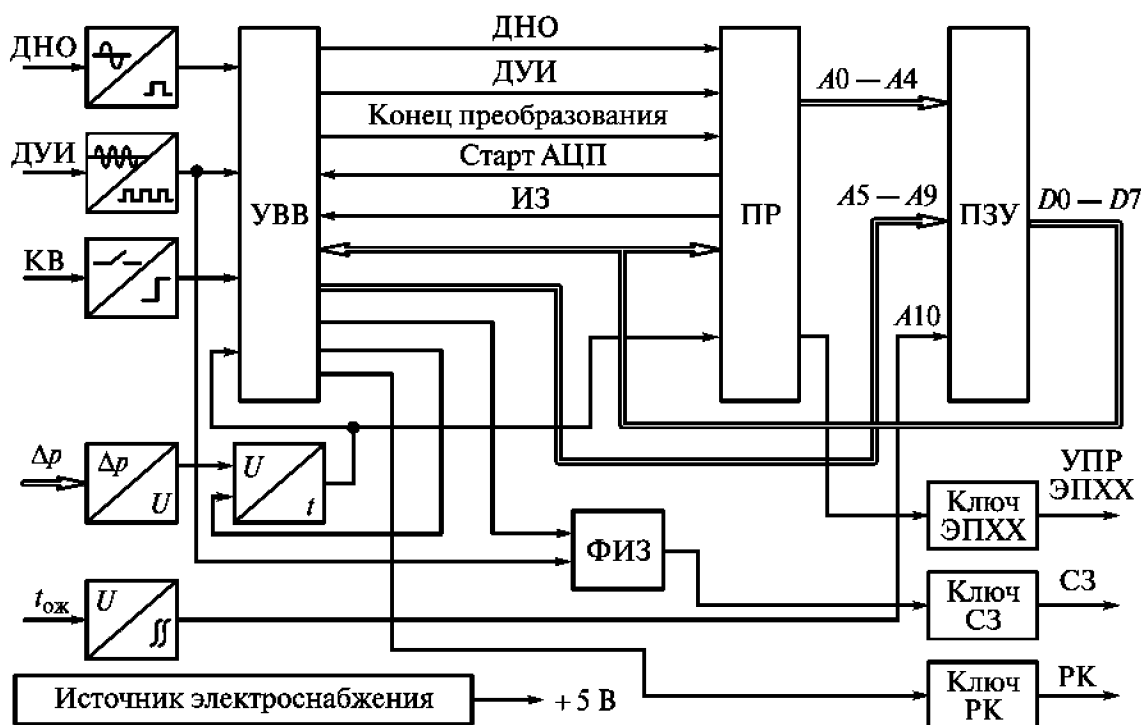


Рис. 5.13. Структурная схема контроллера MC2713:

ДНО — датчик начала отсчета; ДУИ — датчик угловых импульсов; УВВ — устройство ввода сигналов датчика; ПР — процессор; ПЗУ — постоянное запоминающее устройство; УПР ЭПХХ — сигнал управления клапаном экономайзера принудительного холостого хода; СЗ — сигнал управления транзисторным коммутатором; РК — сигнал выбора канала искрообразования; ФИЗ — формирователь импульсов зажигания; U/t — преобразователь напряжение—время; $t_{ож}$ — датчик температуры; Δp — датчик давления (разрежения); КВ — сигнал датчика положения дроссельной заслонки; А0—А10 — адреса шины данных процессора; D0—D7 — линии шины данных; ДНО, ДУИ, Конец преобразования — сигналы обмена между УВВ и ПР; Старт АЦП — сигнал начала преобразования информации датчиков; ИЗ — начало измерения

- полупроводниковый датчик разрежения для определения нагрузки двигателя по степени вакуума в задрозельном пространстве карбюратора, имеющий на своем выходе напряжение U , пропорциональное степени вакуума;
- преобразователь напряжение—время U/t ;
- формирователь сигнала конечного выключателя датчика положения дроссельной заслонки, вырабатывающий сигнал управления электромагнитным клапаном ЭПХХ в соответствии с состоянием контактов датчика;

- устройство ввода-вывода;
- процессор ПР (KM1823BY1);
- восьмиразрядное ПЗУ для хранения закодированных характеристик управления УОЗ и электромагнитным клапаном ЭПХХ, а также служебных констант, необходимых для функционирования процессора ПР и УВВ;
- формирователь импульса зажигания ФИЗ на микросхеме KM1223AG1;
- выходные ключи сигналов системы зажигания СЗ и выбора работы канала РК для согласования выходов контроллера с выходами коммутатора и защиты выходов микросхем от импульсных перенапряжений и помех;
- мощный выходной ключ управления ЭПХХ, переключающий электромагнитный клапан с активным сопротивлением обмотки $(33,0 \pm 3,3)$ Ом и имеющий защиту от перегрузки по току;
- источник электроснабжения, стабилизирующий напряжение питания всех блоков контроллера на уровне $(5,0 \pm 0,25)$ В.

В контроллере «Электроника МС2713» предусмотрена защита от перемены полярности питающего напряжения и замыкания контактов разъема на корпус. Контроллер сохранял работоспособность при подаче напряжения электроснабжения 18 В, при возникновении в бортовой сети автомобиля перенапряжений с амплитудой до 150 В, не требовал обслуживания и регулирования в процессе эксплуатации и мог адаптироваться для любого двигателя путем программирования ПЗУ под его характеристики управления.

Применение контроллера «Электроника МС2713» для управления моментом зажигания и электромагнитным клапаном ЭПХХ позволило снизить расход топлива и токсичность отработавших газов двигателя, улучшить динамические качества автомобиля. Это обуславливается стабильностью воспроизведения заданных характеристик управления УОЗ с максимально возможным приближением их к границе зоны детонации. Технические характеристики контроллеров МПСЗ и области их применения приведены в табл. 5.6.

В настоящее время идеология построения МПСЗ по типу контроллера «Электроника МС2713» используется в контроллерах типа МИКАС 5.4.209.3763-004 или МКД105, а также в микропроцессорных системах управления двигателем (МПСУД).

Таблица 5.6. Технические характеристики контроллеров микропроцессорных систем зажигания и области применения						
Тип контроллера	Датчики и их типы	Разрядность и тип процессора	Количество выводов разъема	Область применения	Изготовитель	
«Электроника» МС2713-01, МС2713-03, КМ1101.1, КМ1101.2	1) абсолютного давления 45.3782; 2) ДНО и ДУИ 141.3847; 3) температуры 19.3828; 4) микропереключатель 421.3709	8, КМ1823ВУ	55	ВАЗ-2109, ЗМЗ-4063.10, -4061.10	АО «Электроника» (Беларусь)	
МИКАС 5.4209.3763-004	То же	16, SAF80C509LM	55	ГАЗ-2752 «Соболь»	ЗАО «ЭиМ Лайн-Авто»	

5.6. СВЕЧИ ЗАЖИГАНИЯ

Конструкция свечей зажигания. Свеча зажигания обеспечивает воспламенение топливовоздушной смеси в цилиндре бензинового двигателя электрической искрой, которая возникает между электродами свечи при подаче на нее высокого вторичного напряжения от катушки зажигания.

Наибольшее распространение на автомобилях получили неэкранированные свечи зажигания с воздушным искровым промежутком. Свеча зажигания, представленная на рис. 5.14, *а*, имеет металлический корпус 4 с резьбой для ввертывания в отверстие головки блока цилиндров. Герметичность цилиндра в резьбовом соединении обеспечивается уплотнительным кольцом 7. В корпусе 4 путем завальцовки его верхнего края закреплен изолятор 3, внутри которого проходит контактный стержень 2, оканчиваю-

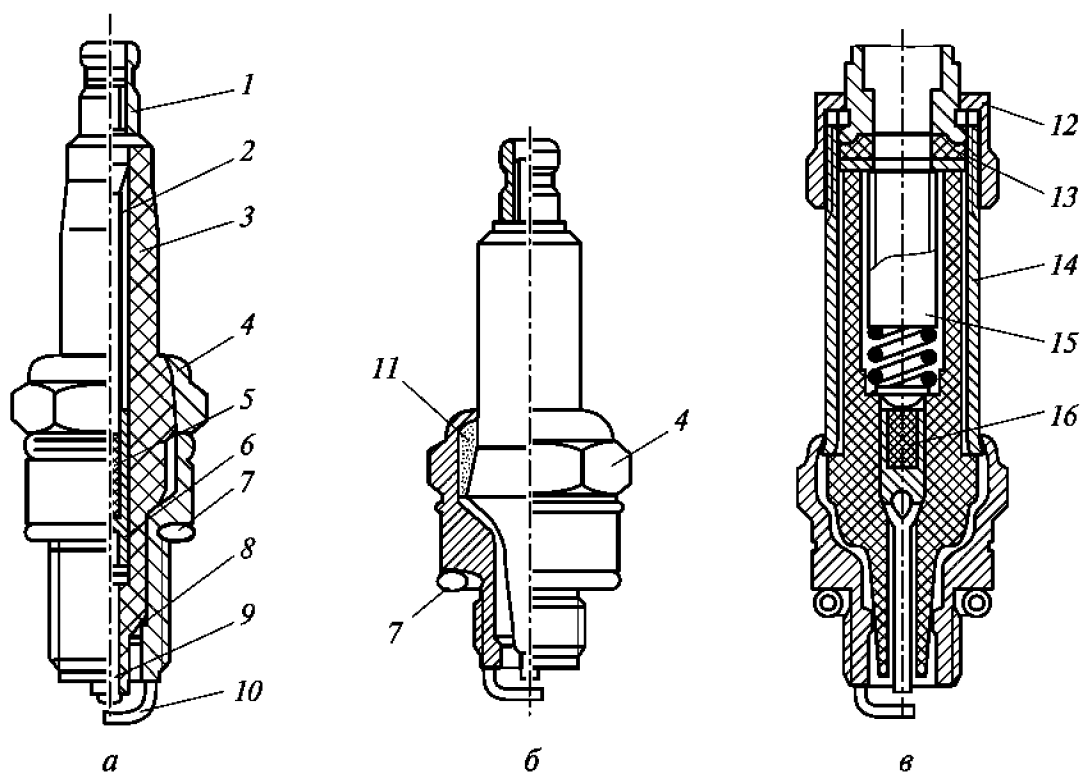


Рис. 5.14. Конструкция свечей зажигания:

а, б — неэкранированные свечи; *в* — экранированная свеча; 1 — контактная головка; 2, 16 — контактные стержни; 3 — изолятор; 4 — корпус; 5 — термоосадочный пояс; 6 — электропроводящий стеклогерметик; 7, 13 — уплотнительные кольца; 8 — теплопроводящая шайба; 9 — центральный электрод; 10 — боковой электрод; 11 — тальк; 12 — гайка; 14 — экран; 15 — контактное устройство

щийся контактной головкой 1 в верхней части и центральным электродом 9 в нижней.

Во многих конструкциях свечей контактный стержень 2 соединен с центральным электродом 9 электропроводящим стеклогерметиком 6. Для лучшего сцепления со стеклогерметиком на нижней части контактного стержня выполнена сетчатая накатка. Боковой электрод 10 с корпусом 4 соединен методом контактной сварки. Между коническими посадочными местами изолятора и корпуса устанавливают теплопроводящую уплотнительную шайбу 8. Кроме отвода теплоты теплопроводящая шайба 8 герметизирует корпус свечи.

Герметичность между корпусом и изолятором является одним из важнейших требований к свече зажигания. Даже незначительная потеря герметичности приводит к прорыву горячих газов, перегреву изолятора свечи и его быстрому разрушению. Герметизация между изолятором и корпусом обычно достигается термоосадкой корпуса. После завальцовывания буртика корпуса термоосадочный пояс 5 нагревается током высокой частоты до температуры 700...800 °С, после чего опрессовывается при усилии 20...25 кН. В других конструкциях герметизация свечей обеспечивается тальком 11 с последующей завальцовкой буртика корпуса (рис. 5.14, б). По конструктивному исполнению свечи подразделяют на неэкранированные (открытого типа) и экранированные.

При необходимости более полного подавления радиопомех и обеспечения работы свечи зажигания в условиях сильного загрязнения применяют экранированные и, как правило, герметизированные свечи (рис. 5.14, в). Контакт высоковольтного провода со свечой в этом случае обеспечивается с помощью контактного устройства 15, а защита от попадания на свечу влаги — резиновым уплотнителем и гайкой 12, накрученной на экран 14. Контактный стержень выполнен укороченным. Некоторые экранированные свечи зажигания имеют встроенный помехоподавляющий резистор.

По принципу работы различают свечи с воздушным искровым промежутком (рис. 5.15, а), со скользящей искрой, с воздушно-скользящей искрой и др.

Скользкий искровой разряд получают за счет установки бокового электрода рядом с изолятором свечи (рис. 5.15, б). Искровой разряд происходит сначала по поверхности верхней части теплового конуса, а затем пробивается воздушный зазор. Наличие в искровом промежутке свечи изолятора теплового конуса снижа-

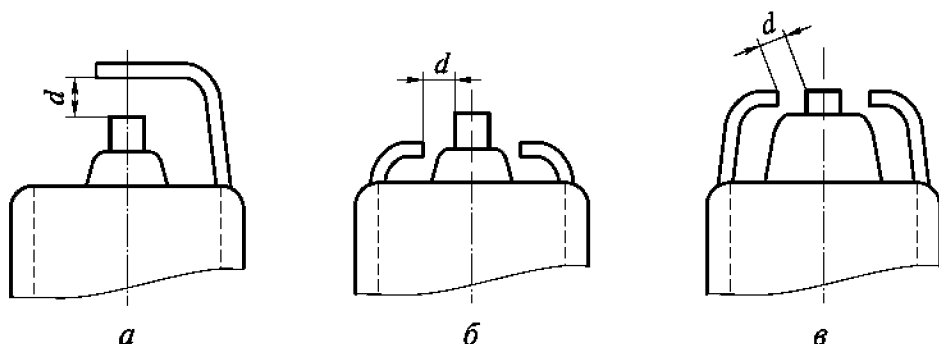


Рис. 5.15. Искровые промежутки свечей зажигания:

а — воздушный искровой промежуток; *б* — поверхностный искровой промежуток (скользящая искра); *в* — полуповерхностный искровой промежуток (воздушно-скользящая искра)

ет величину пробивного напряжения, что позволяет в таких свечах применять большие значения искровых промежутков до 1,6 мм. За счет этого увеличивается первичный очаг воспламенения и повышается эффективность устойчивого развития первоначального очага пламени при работе на обедненных топливно-воздушных смесях.

В свечах с полуповерхностным (воздушно-скользящим) искровым разрядом (рис. 5.15, *в*) боковые электроды находятся на определенном расстоянии от центрального электрода и от торца теплового конуса. За счет такой конструкции возникают два искровых промежутка, которые образуют воздушную и скользящую искру. В зависимости от условий эксплуатации и износа электродов искровой разряд происходит либо вдоль поверхности изолятора, либо по воздушному промежутку.

Зазор между электродами свечи зажигания d — самое короткое расстояние между центральным и боковым электродами. Его размер определяет величину пробивного напряжения и размеры первичного очага пламени. Минимальные и максимальные размеры искрового промежутка могут привести к пропускам воспламенения. В первом случае из-за гашения пламени, а во втором — из-за перебоев искрообразования, так как величина пробивного напряжения может превысить вторичное напряжение, развиваемое катушкой зажигания.

Оптимальную величину искрового промежутка свечи зажигания определяют экспериментально и расчетным путем. Минимальное значение зазора экспериментально определяют по оценке токсичности отработавших газов, стабильности частоты вра-

щения вала двигателя и по расходу топлива. Эти процедуры производят с учетом положения искрового промежутка свечи зажигания в камере сгорания. Мерилом являются перебои зажигания при обеднении состава смеси в камере сгорания. Чем дальше помещен искровой промежуток свечи в глубь камеры сгорания, тем более стабилен процесс воспламенения, так как предел возникновения перебоев зажигания смещается в сторону более бедных смесей.

По конструкции электродов различают следующие варианты свечей:

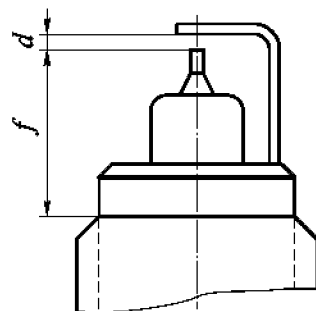
- массовый электрод расположен над центральным электродом;
- применено несколько боковых электродов (до четырех);
- имеется кольцевой массовый электрод с поверхностным искровым промежутком;
- применены биметаллические электроды с серебряным или платиновым центральным электродом (рис. 5.16).

Удлинение бокового электрода для смещения искры в глубь камеры сгорания приводит к его перегреву, увеличению износа, усталостному разрушению из-за снижения его резонансной частоты собственных колебаний. Для устранения этих негативных явлений применяются следующие конструктивные меры:

- удлинение корпуса свечи за пределы стенки камеры сгорания для увеличения размера f ;
- применение медно-никелевого бокового электрода, в котором медный сердечник за счет прямого контакта с корпусом свечи снижает его температуру на $60 \dots 70^\circ\text{C}$;
- применение для электродов более термостойких материалов, например платиновой вставки в центральный электрод.

Рис. 5.16. Свеча с платиновым центральным электродом:

d — длина воздушного промежутка; f — длина пояса корпуса свечи, углубляющего искровой промежуток в камеру сгорания



От совершенства конструкции свечи и правильного подбора ее к двигателю в значительной мере зависит надежность работы системы зажигания и двигателя.

Автомобильные бензиновые двигатели отличаются по характеру нагрузки, степени сжатия, типу системы охлаждения, способу управления топливоподачей, по организации процесса смесеобразования и многим другим факторам. Поэтому невозможно создать одну конструкцию свечи зажигания для всех двигателей. Свечи существенно отличаются по конструктивному исполнению, применяемым материалам и характеристикам. Для правильного выбора свечи зажигания, которая обеспечит наилучшие мощностные и экономические показатели двигателя, необходимо учитывать условия ее работы.

Условия работы свечей зажигания. При работе на двигателе свеча зажигания подвергается комплексному циклическому воздействию высоких механических, электрических и химических нагрузок. Диапазоны изменения этих нагрузок очень широки. Частота циклов нагрузок, действующих на свечу зажигания, зависит от частоты вращения коленчатого вала и тактности двигателя. По мере развития конструкции двигателей и их форсирования возрастает интенсивность воздействия тепловых и механических нагрузок на свечу зажигания. Срок службы свечей на разных двигателях различен. Снижению срока службы свечей способствует наличие в бензине антидетонационных присадок, содержащих свинец или марганцевые соединения. Свеча подвергается воздействию не только циклических тепловых и механических нагрузок внутри камеры сгорания, но и внешних климатических факторов.

Температура газовой среды в камере сгорания двигателя колеблется от 70°C , что соответствует температуре свежего заряда топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндр, до $2000 \dots 2700^{\circ}\text{C}$ — максимальной температуры рабочего цикла. В то же время в подкапотном пространстве двигателя окружающая среда может иметь вокруг свечи зажигания температуру $-60 \dots +100^{\circ}\text{C}$. Из-за неравномерного нагрева отдельных участков свечи в изоляторе и корпусе возникают тепловые деформации и напряжения, опасные тем, что в конструкции свечи использованы материалы с различными коэффициентами линейного расширения (различные металлы, сплавы металлов, керамика). Тем не менее указанный перепад температур свеча должна выдерживать без потери своей работоспособности.

В каждом цикле сгорания топливовоздушной смеси в цилиндре двигателя свеча зажигания подвергается значительным ударным

нагрузкам, стремящимся вырвать изолятор свечи из корпуса. Максимальное давление рабочего цикла достигает 5...6 МПа. В процессе сборки свечи зажигания по существующей технологии при завальцовке в корпус и термоосадке изолятор подвергается усилию сжатия 25...30 кН. При ввертывании свечи в головку блока цилиндров к ее корпусу прикладывается вращающий момент 40...60 Н·м. При длительной эксплуатации величина вращающего момента может значительно увеличиться из-за образования нагара на резьбе или срыва резьбы в головке цилиндров. На работающем двигателе свеча зажигания испытывает также вибрационные нагрузки.

Свеча зажигания периодически находится под высоким вторичным напряжением системы зажигания, величина которого может достигать 30 кВ. Электрическая нагрузка на свечу возрастает с увеличением искрового промежутка между электродами и скруглением острых кромок на центральном электроде и образованием выемки на боковом электроде вследствие электрической эрозии. Интенсивность изнашивания электродов дополнительно возрастает из-за того, что в продуктах сгорания находятся вещества, вызывающие химическую коррозию электродов. Эти вещества могут оказывать воздействие даже на керамический изолятор. Опыт эксплуатации показывает, что в процессе работы свечи зажигания зазор между электродами увеличивается в среднем на 0,015 мм на каждые 1 000 км пробега автомобиля. В целях повышения экономичности двигателя за счет использования обедненных топливовоздушных смесей зазор между электродами свечей увеличивают до 1,2...1,6 мм, что неизбежно приводит к необходимости увеличения вторичного напряжения системы зажигания и, как следствие, к увеличению электрических нагрузок на свечу.

Неполное сгорание топлива в цилиндре двигателя приводит к отложению токопроводящего нагара на поверхности теплового конуса изолятора свечи зажигания. Нагар образуется также вследствие попадания на тепловой конус моторного масла. Смазочный материал является изолятором, но когда он смачивает слой ранее отложившегося нагара, то образующееся при этом вещество становится электропроводным. Вероятность появления нагара на тепловом конусе изолятора возрастает при работе двигателя на бензине с антидетонационными присадками на основе свинца и марганца.

Токопроводящий нагар на тепловом конусе изолятора (рис. 5.17) шунтирует искровой промежуток свечи, вызывая утечку тока при нарастании напряжения во вторичной цепи катушки зажигания. Вторичное напряжение, подводимое к электродам свечи зажигания, уменьшается. Чем меньше шунтирующее сопротивление, тем

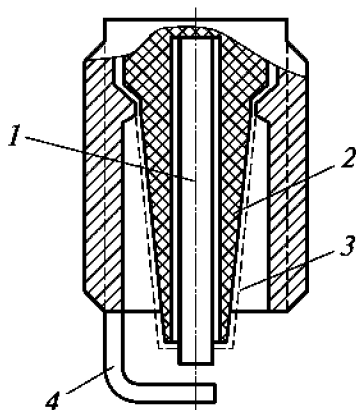


Рис. 5.17. Нижняя часть свечи зажигания с нагаром на тепловом конусе:

1 — центральный электрод; 2 — тепловой конус изолятора свечи; 3 — путь утечек тока по шунтирующему сопротивлению; 4 — боковой электрод

больше ток утечки и ниже подводимое к электродам свечи вторичное напряжение. Напряжение во вторичной цепи системы зажигания может оказаться равным или меньшим пробивного напряжения. В этом случае возникают перебои в искрообразовании.

Прекращение искрообразования возможно из-за конденсации влаги на холодном тепловом конусе свечи при пуске двигателя. К аналогичному результату может привести утечка тока, а иногда и разряд по наружной поверхности изолятора, находящейся в подкапотном пространстве, если она загрязнена или покрыта влагой. Поэтому материал изолятора не должен поглощать влагу, а поверхность изолятора должна быть стойкой к смачиванию.

Тепловые, механические, электрические и химические нагрузки воздействуют главным образом на изолятор свечи зажигания, который должен иметь высокую электрическую и механическую прочность, быть химически инертным и термостойким. От свойств материала изолятора зависят эксплуатационные свойства и тепловые характеристики свечи зажигания.

Изоляторы свечей изготавливают из уралита, боркорунда, хилумина, синоксаля и других материалов, обладающих высокой электрической и механической прочностью при высоких температурах. Уралит, боркорунд, синоксаль являются керамическими материалами с высоким содержанием оксида алюминия Al_2O_3 . Для улучшения изоляционных свойств поверхности наружной части изолятора ее полируют или покрывают глазурью.

Материалы электродов свечей зажигания должны обладать высокой коррозионной и эрозионной стойкостью, жаростойкостью, хорошей теплопроводностью, пластичностью. Центральный электрод обычно имеет круглое сечение, а боковой — прямоугольное с закругленными углами. Центральный электрод нагревается в большей степени, чем боковой. Поэтому его изготавливают из высоко-

хромистых сплавов: хромотитанового 13Х25Т или хромоникелевого Х20Н80 (нихрома). Для изготовления бокового электрода используют никель-марганцевый сплав НМц-5.

Температурный диапазон безотказной работы свечи зажигания может быть расширен за счет применения электродов с сердечником из меди с термостойким покрытием никелевым сплавом (свечи типа «термопластик»), а также серебряных и платиновых электродов. Благодаря лучшей теплопередаче снижение температуры центрального электрода и теплового конуса изолятора при сравнительно большой длине теплового конуса позволяет применять эти свечи на форсированных высокооборотных двигателях, не опасаясь при этом снижения способности свечи к самоочищению на режимах частичных нагрузок двигателя и холостого хода.

Корпус свечи и контактную головку изготавливают из конструкционных сталей. Для предохранения от коррозии стальной корпус подвергают воронению и цинкованию. Материал уплотнительных колец — сталь, алюминий или медь. Медные кольца предпочтительнее, так как обеспечивают лучшую теплопередачу.

Искровая свеча зажигания обеспечивает работу двигателя без перебоев в искрообразовании и калильного зажигания топливовоздушной смеси, если температура теплового конуса изолятора, расположенного в камере сгорания, находится в пределах от 400 ... 450 до 850 ... 900 °С (рис. 5.18).

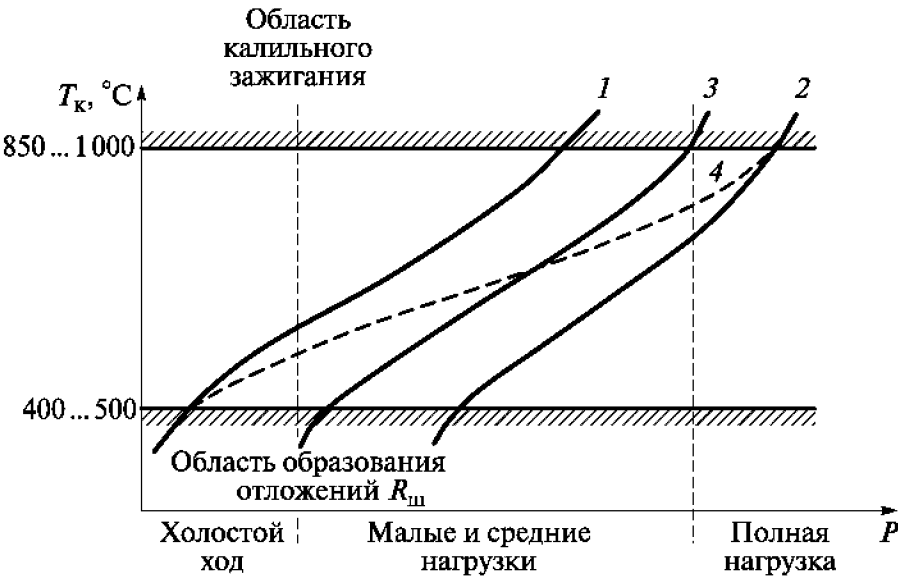


Рис. 5.18. Зависимости температуры тепловых конусов изоляторов свечей от нагрузки двигателя внутреннего сгорания и тип свечи: 1 — «горячая»; 2 — «холодная»; 3 — «нормальная»; 4 — «термопластик»

Нижняя граница указанного температурного диапазона определяется условием самоочищения теплового конуса изолятора свечи от нагара. Для быстрого прогрева до температуры самоочищения при пуске двигателя и достаточного нагрева при работе двигателя на режимах холостого хода и частичных нагрузок тепловой конус изолятора свечи должен иметь максимально допустимую длину. В то же время тепловой конус изолятора и центральный электрод не должны нагреваться до температуры свыше 850 ... 900 °С при работе двигателя с полной нагрузкой во избежание воспламенения топливовоздушной смеси от нагретых частей свечи до появления искры между электродами (*калильное зажигание*).

Калильное зажигание характеризуется падением развиваемой двигателем мощности, а также резким повышением температуры и давления газов в цилиндре, приводящим к серьезным неисправностям: прогару поршня, разрушению деталей кривошипно-шатунного механизма, оплавлению выпускного клапана, изолятора и электродов свечи зажигания. При раннем воспламенении топливовоздушной смеси от нагретых частей свечи резко возрастает температура стенок камеры сгорания из-за большей длительности нахождения в цилиндре газов с высокой температурой. Это неизбежно ведет к прогрессивному развитию процессов калильного зажигания. Оплавление электродов не обязательно свидетельствует о том, что именно свеча была причиной калильного зажигания. Часто электроды свечи, и без того испытывающие высокие тепловые нагрузки, выгорают в результате калильного зажигания от каких-либо деталей, находящихся в камере сгорания.

«Холодные» и «горячие» свечи. Условия работы свечей зажигания на различных двигателях существенно отличаются, тогда как температурные пределы нормальной ее работоспособности практически одинаковы. Поэтому невозможно создать свечу, одинаково хорошо работающую на всех двигателях. Свечи различают в основном по тепловой характеристике, под которой понимается ее способность воспринимать теплоту от рабочих газов в цилиндре и передавать ее в окружающую среду, нагреваясь при этом до температур, находящихся в определенном диапазоне. Тепловую характеристику изменяют за счет уменьшения или увеличения количества теплоты, поступающей в свечу, добиваясь при этом наилучшего теплоотвода от нее.

Количество теплоты, передаваемой свече, зависит от степени сжатия, формы камеры сгорания, материала поршня и головки блока цилиндров, способа охлаждения, нагрузки и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Чем больше количество теплоты,

Рис. 5.19. Тепловой баланс свечи зажигания

выделяемой в камере сгорания, тем больше должна быть теплоотдача свечи.

Теплоотдача от свечи в окружающую среду осуществляется через ее корпус, изолятор, центральный и боковой электроды (рис. 5.19); часть теплоты (примерно 20 %) отводится от свечи поступающей в камеру сгорания свежей топливовоздушной смесью.

Теплоотдача свечи зависит от длины теплового конуса изолятора. При наличии длинного теплового конуса отвод теплоты от него затрудняется. Свеча с длинным тепловым конусом получает большое количество теплоты и плохо охлаждается. Такую свечу принято называть «горячей» (рис. 5.20, *а—в*). Короткий тепловой конус изолятора, обеспечивающий хорошую теплопередачу, характерен для «холодных свечей» (рис. 5.20, *г, д*). При установке «горячей» свечи на форсированный быстроходный двигатель возникнет калильное зажигание, тогда как на изоляторе «холодной» свечи, установленной на тихоходном двигателе с низкой степенью сжатия, будет откладываться нагар, шунтирующий искровой промежуток.

Тепловую характеристику свечи зажигания оценивают калильным числом — по величине, пропорциональной среднему индикаторному давлению, при котором происходит калильное зажигание.

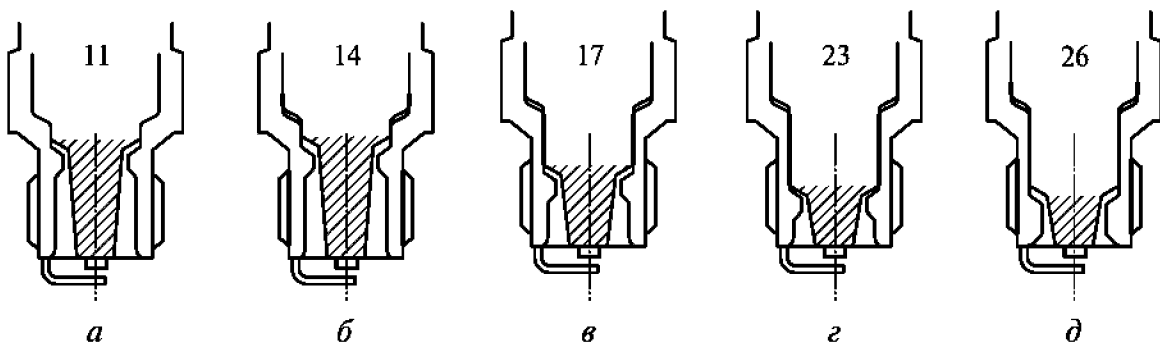
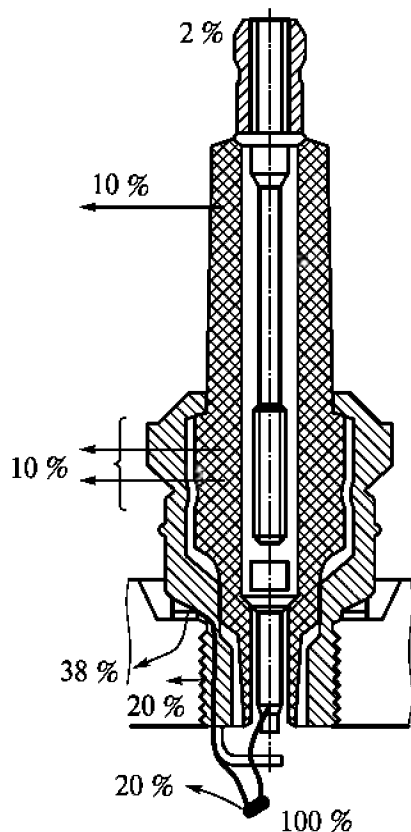


Рис. 5.20. Конструктивные схемы тепловых конусов свечи и соответствующие им калильные числа:

а, б, в — горячие свечи; *г, д* — холодные свечи

торному давлению, при котором во время испытания свечи на специальной моторной установке с одноцилиндровым двигателем возникает калильное зажигание. Калильное число выбирается из следующего ряда чисел: 8; 11; 14; 17; 20; 23 и 26.

Малые значения калильных чисел относятся к «горячим» свечам, высокие — к «холодным».

В некоторых странах за калильное число принимают время, в течение которого эталонный двигатель работает до начала калильного зажигания. Так, калильные числа свечей зажигания фирмы Bosch находятся в пределах 45—260 усл. ед.

«Холодная» свеча с высоким калильным числом не обеспечивает необходимый тепловой режим изолятора при работе двигателя в режиме холостого хода и при малых нагрузках (кривая 2 на рис. 5.18). Очевидно, что на этих режимах обеспечивается нормальная работа «горячей» свечи с меньшим калильным числом (кривая 1). Однако при этом существует опасность перегрева изолятора и центрального электрода и даже возникновения калильного зажигания при работе двигателя с полной нагрузкой. Применением свечи «термопластик» (кривая 4) обеспечивается нормальная ее работа в более широком диапазоне нагрузок двигателя.

Маркировка свечей зажигания. Искровые свечи различают по диаметру резьбы корпуса, длине ввертной части, типу уплотнения, калильному числу. Маркировка свечей зажигания должна содержать:

- обозначение диаметра и шага резьбы, например, А — резьба М14×1,25 или М — резьба М18×1,5;
- букву, характеризующую особенность конструкции свечи (К — с коническим уплотнителем без прокладки; М — малогабаритная);
- калильное число, указываемое после двух букв (если конструктивные особенности свечи отсутствуют, то калильное число ставится после первой буквы);
- буквы Д или Н, которым соответствует длина резьбовой части 19 или 11 мм (при отсутствии буквы после калильного числа длина резьбовой части 12 мм);
- букву В, указывающую на выступание теплового конуса изолятора за торец корпуса свечи зажигания.

Пример маркировки: А17ДВ — свеча с резьбой М14×1,25, калильным числом 17, длиной резьбовой части корпуса 19 мм, выступающим тепловым корпусом, обычным уплотнением медной шайбой.

Выбор свечи зажигания. Подбор свечи к двигателю производится с учетом положения искрового промежутка в камере сгорания и реальных условий эксплуатации. Повышение степени сжатия, литровой мощности, быстроходности двигателя, наличие наддува и непосредственного впрыскивания топлива в камеру сгорания требуют применения свечей с большим калильным числом, т.е. «холодных» свечей. С другой стороны, повышение требований к таким показателям двигателей, как топливная экономичность, малая токсичность, улучшение пусковых качеств при низких температурах, повышение стабильности работы в режимах холостого хода и малых нагрузок обуславливают применение «горячих» свечей с малыми калильными числами. Поэтому большое значение придается созданию конструкций свечей с расширенным диапазоном безотказной работы по нагрузке.

В табл. 5.7 приведены технические характеристики искровых свечей зажигания и области их применения, а в табл. 5.8 — взаимозаменяемость отечественных и зарубежных искровых свечей зажигания.

Если свеча по калильному числу выбрана правильно, то тепловой конус изолятора имеет цвет от серо-желтого до коричневого. Белый цвет изолятора свидетельствует о том, что свеча перегревается, т.е. имеет слишком малое калильное число. Если калильное число свечи выше необходимого, тепловой конус изолятора покрывается бархатистым матово-черным нагаром. В случае нарушения герметичности свечи или ослабления ее крепления в головке блока цилиндров возможна сильная эрозия электродов и появление на тепловом конусе изолятора капель расплава.

В двигателях воздушного охлаждения по сравнению с двигателями жидкостного охлаждения головка блока цилиндров имеет более высокую температуру, поэтому на них следует устанавливать свечи зажигания с большим калильным числом.

Критерием качества процесса сгорания в двигателях, как отмечалось ранее, является равномерность воспроизводимости рабочего процесса и стабильность частоты вращения двигателя. С учетом среднего квадратичного отклонения эффективного давления при перемещении искры в глубь камеры сгорания можно обеспечить воспламенение более бедных рабочих смесей в цилиндре двигателя.

Выбор свечи зажигания для двигателей определенной конструкции осуществляется на одноцилиндровом отсеке двигателя, на котором имеется возможность изменять степень сжатия за счет изменения давления наддува, или на полноразмерном прототипе

Таблица 5.7. Технические характеристики искровых свечей зажигания и области их применения

Типы свечей	Количество свечей	Длина резьбовой части, мм	Искровой промежуток, мм	Масса, кг	Область применения	Изготовитель
A11, A11-1	11	12,0	0,85 + 0,15	0,057	Двигатели ЗИЛ, ЗМЗ, УМЗ-4178, ПД-10	ОАО «ЗАЗС», «УАПО»
A11P	11	12,0	0,85 + 0,15	0,057	Двигатели ЗМЗ-511.10, -513.10, ЗИЛ, ЗМЗ-404, СД-12, -16, -60	ОАО «ЗАЗС»
A14B A14B	14 14	12 12,7	0,5 + 0,15 0,8	0,053 0,05	Двигатели ЗМЗ-402.10, -4021.10, -4025.10	ОАО «ЗАЗС», «УАПО»
A14BP	14	12,0	0,8 + 0,15	0,053	Двигатели ЗМЗ-4025.10, -4026.10, -402.10	ОАО «ЗАЗС»
A14ΔBPM	14	19,0	0,7 + 0,15	0,062	Двигатели МЗ-4062.10, -4061	ОАО «ЗАЗС», ОАО «ЕАЗ»
A17B	17	12,0	0,7 + 0,15	0,053	Двигатели ЗМЗ-24Δ, -4021.10	ОАО «ЗАЗС»
A17ΔB	17	19,0	0,5 + 0,15	0,062	Двигатели ВАЗ-2101, -02, -03, -06, -07, снегоходов, лодочные моторы «Москва-30Δ»	
A17ΔBPM	17	19,0	0,7+0,15	0,062	Двигатели ВАЗ-2108, -09, -10, -111	

Таблица 5.8. Взаимозаменяемость отечественных и зарубежных искровых свечей зажигания									
Россия	Autolite (США)	Beru (Германия)	Bosch (Германия)	Brisk (Чехия)	Champion (Англия)	Euyquem (Франция)	Magneti marelli (Италия)	NGK (Япония)	Nippon denso (Япония)
A11, A11-1, A11-3	425	14-9A	W9A	N19	L86	406	FL4N	B4H	W14F
A11P	414	14R-9A	WR9A	NR19	RL86	—	FL4NR	BR4H	W14R
A14B, A14B-2	275	14-8B	W8B	N17Y	L92Y	550S	FL5NP	BP5H	W16FP
A14BM	275	14-8BU	W8BC	17YC	L92YC	C32S	F5NC	BP5HS	W16FP-U
A14BP	—	14R-7B	WR8B	NR17Y	—	—	FL5NPR	BPR5H	W14FPR
A14A	405	14-8C	W8C	L17	N5	—	FL5L	B5EB	W17E
A14AB	55	14-8D	W8D	L17Y	N11Y	600LS	FL5LP	BP5E	W16EX
A14ABP	4 265	14R-8D	WR8D	LR17Y	NR11Y	—	FL5LPR	BPR5E	W16EXR
A14ABPM	65	14R-BDU	WR8DC	LR17YC	RN17YC	RC52LS	F5LCR	BPR5TS	W16EXR-U
A17B	273	14-7B	W7B	N15Y	L87Y	600S	FL6NP	BP6H	W20FP
A17A	404	14-7C	W7C	L15	N4	—	FL6L	B6EM	W29EA
A17AB, 17AB-1, A17AB-10	64	14-7D	W7D	L15Y	N9Y	707LS	FL7LP	BP6E	W20EP
A17ABM	64	14-7DU	W7DC	L15YC	N9YC	C52LS	F7LC	BP6ES	W20EP-U

Россия	Autolite (США)	Beru (Германия)	Bosch (Германия)	Brisk (Чехия)	Champion (Англия)	Eyquem (Франция)	Magneti marelli (Италия)	NGK (Япония)	Nippon denso (Япония)
A17АВР	64	14R-7D	WR7D	LR15Y	RB9Y	—	FL7LPR	BPR6E	W20EXR
A17АВРМ	64	14R-7DU	WR7DC	LR15-YC	RN9-YC	RC52LS	F7LPR	BPR6ES	W20EPR-U
AУ17АВРМ	3924	14FR-7DU	FR7DCU	DR15-YC	RC9YC	RFC52LS	7LPR	BCPR6TS	020PR-U
A20А, А20А-1	4054	14-6C	W6C	L14	N3	—	FL7L	B7E	W22ES
A23-2	4092	14-5A	WSA	N12	L82	—	FL8N	B8H	W24FS
A23B	273	14-5B	W5B	N12Y	L82Y	755	FL8NP	BP8H	W24FP
A23АМ	403	14-5CU	W5CC	L82C	N3C	75LB	CW8L	B8ES	W24ES-U
A23АВМ	52	14-5DU	W5DC	L12YC	N6YC	C82LS	F8LC	BP8ES	W24EP-U

нового двигателя. Первоначально с помощью свечи зажигания со встроенной в центральный электрод термопарой определяется наибольшая тепловая нагрузка на свечу. Затем на макетном (опытном) образце свечи зажигания определяется ее калильное число при работе на наиболее напряженных режимах.

При этих исследованиях наибольшую информацию о правильном подборе калильного числа дает метод измерения момента зажигания, самовоспламенения, калильного зажигания с помощью ионного тока в искровом промежутке свечи. При параллельном измерении (индицировании) давления в камере сгорания, а также ионного тока можно определить правильность подбора свечи по калильному числу для разработанного нового двигателя.

5.7. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ

В процессе эксплуатации и при проведении технического обслуживания постоянно приходится определять техническое состояние аппаратов системы зажигания путем измерения текущих значений конструктивных параметров. При этом применяется диагностический метод, который позволяет не разбирать аппараты системы зажигания и с меньшей трудоемкостью производить контроль механических, электрических и иных диагностических показателей объекта. Этот метод носит название *техническое диагностирование*.

Техническое диагностирование систем зажигания на транспортном средстве представляет собой процесс определения их технического состояния с определенной точностью. Результатом диагностирования является заключение о техническом состоянии аппарата системы зажигания с указанием при необходимости места, вида и причины несоответствия структурного или выходного параметра. Особенно это важно при диагностировании микропроцессорных систем зажигания и управления двигателем. Техническое состояние аппаратов систем зажигания при диагностировании подразделяется на исправное, работоспособное, неисправное и неработоспособное.

Между состояниями «неисправное» и «неработоспособное» есть существенное различие, заключающееся в том, что при некоторых неисправных состояниях аппарата зажигания может сохраняться его работоспособность. Например, наличие нарушения окрасочного слоя, сколов, забоин или вмятин на какой-либо неот-

ветственной детали корпуса распределителя ККСЗ или КТСЗ. Однако при проведении технического обслуживания или ремонта такую деталь заменяют или ремонтируют, так как эта неисправность может привести к отказу или к нарушению правил эксплуатации.

Диагностические средства подразделяют на встроенные, или бортовые, средства и внешние диагностические устройства. К встроенным относятся средства, выполняющие функции самодиагностирования МПСЗ и МПСУД, а также информационные, сигнализирующие приборы.

Программируемые особенности встроенного диагностирования позволяют производить диагностирование с помощью внешних средств, которые могут быть стационарными и переносными.

Диагностирование производят по диагностическим параметрам аппаратов системы зажигания, руководствуясь тем, что структурные и выходные диагностические параметры должны обеспечивать оценку технического состояния аппарата без его разборки. Это означает, что диагностическими параметрами становятся выходные рабочие процессы аппарата или системы. К таким диагностическим параметрам можно отнести вторичное напряжение катушки зажигания, пробивное напряжение на свечах, длительность искрового разряда и другие электрические и механические характеристики.

Эти параметры являются однозначными, так как в процессе эксплуатации за определенный пробег автомобиля они изменяются монотонно, а не скачкообразно.

Электрические и механические параметры аппаратов систем зажигания стабильны, информативны и находятся внутри заданного интервала точности их измерения диагностическими средствами.

Сложилась определенная система выбора диагностического параметра в следующем порядке:

- выявляют наиболее часто повторяющиеся отказы и повреждения по результатам эксплуатации или по данным подконтрольной эксплуатации;
- анализируют причинно-следственные связи неработоспособных или исправных элементов изделия и его выходных параметров;
- составляют схему причинно-следственных связей по цепи агрегат или сборочная единица — сопряжение или элемент — структурный параметр — характер неисправности — симптом — диагностический параметр.

Величины измеренных параметров сравнивают с нормами и определяют конкретную неисправность по осциллограммам на экране мотор-тестера.

Порядок диагностирования устанавливают таким, чтобы по минимальному перечню замеренных параметров установить техническое состояние аппарата системы зажигания и в случае его неработоспособности локализовать неисправные элементы или соприжения, обнаружить нарушение регулировки.

К основным параметрам диагностирования аппаратов систем зажигания относятся:

- форма вторичного напряжения катушки зажигания и пробивного напряжения на свечах зажигания;
- характеристики УОЗ;
- форма и величина электрических сигналов от датчиков искрообразования БСЗ и датчиков МПСЗ;
- наличие напряжения на входных клеммах аппаратов зажигания;
- короткие замыкания и обрывы в цепях датчиков и контроллеров;
- выходные сигналы датчиков в заданном интервале значений;
- выходные сигналы транзисторных коммутаторов и контроллеров;
- аппаратные и программные функции электронных блоков управления;
- распознавание сбоев в работе, ошибок выходных сигналов датчиков.

Алгоритмы диагностирования систем зажигания составляют исходя из анализа их структурной схемы надежности. При этом системы зажигания имеют последовательную надежность схему соединений элементов, при которой отказ любого из них вызывает отказ системы в целом. Например, отказ выходного транзистора коммутатора приводит к отказу всей системы зажигания, так как напряжения на выходе ее не будет. В табл. 5.9 приведены неисправности системы зажигания при отказе одного из ее элементов.

Алгоритм диагностирования работоспособности аппаратов систем зажигания состоит из следующих этапов:

- контроль электрической схемы пучка проводов системы;
- проверка функционирования системы;

Таблица 5.9. Неисправности системы зажигания, их причины и способы устранения

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Двигатель не развивает мощности и работает неустойчиво с перебоями	Вышла из строя свеча зажигания	Меняют свечу зажигания после ее визуального осмотра и проверки на стенде
	Заело грузики центробежного автомата УОЗ	Ремонтируют датчик-распределитель со снятием его с двигателя
	Пробой высоковольтной крышки распределителя или катушки зажигания	Меняют крышку распределителя или катушку зажигания целиком
Двигатель не запускается при вращении его стартером	Нет высокого напряжения на свечах зажигания из-за пробоя помехоподавляющего резистора	Меняют бегунок в распределителе или катушку зажигания
	Вышла из строя свеча зажигания	Меняют свечу зажигания
	Пробой обмоток катушки зажигания или выход из строя выходного транзистора коммутатора	Меняют отказавший прибор

- индикация вида дефекта с помощью внешнего диагностического устройства или кода неисправности, выдаваемого диагностической лампой или сканером.

В соответствии с международными нормативными документами по методам диагностирования в рамках ЕС EOBD (European On Board Diagnose), которые гармонизированы с американскими нормами EPA (Environmental Protection Agency), определена технология и номенклатура параметров диагностирования МПСЗ и МПСУД.

Объем обязательных проверок включает в себя:

- контроль наличия или отсутствия коротких замыканий в цепях системы;
- контроль наличия или отсутствия обрывов в проводке системы;

- диапазон изменения величин и формы электрических сигналов в цепях системы должен соответствовать определенным нормам.

Эти требования определили концепцию встроенной самодиагностики микропроцессорных систем управления. Концепция предусматривает индикацию неисправностей МПСЗ и МПСУД с помощью мигающего кода диагностической лампы (табло) и наличие диагностического разъема для подключения внешних диагностических устройств (сканера, мотор-тестера). Диагностический разъем обязателен и для автомобилей, оборудованных БСЗ.

В микропроцессорной системе управления зажиганием и двигателем самодиагностика является частью программного обеспечения электронного блока управления и определяет диапазоны изменения этих параметров при соблюдении соответствующих режимных условий работы двигателя. Выход контролируемых переменных за установленные границы указывает на ошибки, возникающие в процессе работы. Эти ошибки фиксируются в системе и заносятся в память контроллера.

В табл. 5.10 представлены основные диагностические параметры аппаратов систем зажигания в обобщенной форме.

Таблица 5.10. Основные диагностические параметры аппаратов системы зажигания

Аппараты системы зажигания	Наиболее характерные отказы	Диагностический параметр
Катушка зажигания, распределитель, датчик-распределитель, свеча зажигания, транзисторный коммутатор	Пробой обмотки катушки зажигания, отказ свечи, пробой высоковольтных крышек катушки или датчика-распределителя, пробой выходного транзистора или отказ микросхемы транзисторного коммутатора	Высокое напряжения катушки зажигания (определяют по осциллограммам)
Микропроцессорная система зажигания: датчики, электронный блок управления (контроллер), катушки зажигания	Сбои в работе — нарушение программы регулирования, пробои вторичной и первичной обмоток катушек зажигания, отказы датчиков параметров режима двигателя	Напряжения и временные показатели рабочих процессов датчиков, контроллера и исполнительных устройств (по данным сканирования — кодам неисправностей)

Сбои в работе системы зажигания подразделяют на однократные, многократные и текущие ошибки.

Однократные ошибки — неисправности, появляющиеся не чаще 1 раза за две минуты. Подсистема самодиагностики включает диагностическую лампу на время 0,6 с; код неисправности не заносится в память контроллера.

Многократные ошибки — неисправности, появившиеся более одного раза за две минуты. Подсистема самодиагностики заносит коды неисправностей в память. Если в течение двух часов код неисправности не повторялся, то он автоматически стирается из памяти контроллера.

Текущие ошибки — неисправности, присутствующие в данный момент в системе. Подсистема самодиагностики включает диагностическую лампу, что требует проведения технического обслуживания системы в ближайшее время.

Средством связи контроллера с внешними устройствами является **диагностическая цепь**, состоящая из самого контроллера — источника диагностической информации, провода от контакта разъема контроллера к клеммам диагностической колодки, разъема для подсоединения диагностической аппаратуры и диагностической лампы, отображающей информацию из контроллера.

Все проверки аппаратов микропроцессорной системы начинают с определения правильной работы диагностической цепи:

- при включении выключателя зажигания должна загореться диагностическая лампа, если этого не происходит, то необходимо проверить подачу напряжения на контроллер и качество соединения проводов с «массой»;
- при соединении контакта диагностической колодки с «массой» при включенном выключателе зажигания и неработающем двигателе диагностическая лампа три раза выдает код «12», после чего следуют коды неисправностей из памяти контроллера. Код «12» означает, что двигатель остановлен и в контроллер не поступает опорный сигнал с датчика поворота коленчатого вала.

После обнаружения неисправности возникает необходимость демонтажа отказавшего изделия электронной системы для замены или ремонта. При замене, например, контроллера, следует соблюдать следующие правила:

- при замене неисправного контроллера на новый важно перенести код постоянного запоминающего устройства (ППЗУ) и номер неисправного контроллера на маркиро-

вочную этикетку нового контроллера. Это обеспечивает надежную идентификацию контроллера в течение всего срока эксплуатации автомобиля. Крышку контроллера маркировать не рекомендуется;

- для предотвращения внутренних повреждений при отключении или подключении напряжения питания к контроллеру выключатель зажигания должен быть в положении «0» — выключен;
- последовательность действий при демонтаже контроллера, установке, проверке или при замене ППЗУ должна выполняться в определенном порядке: выключают зажигание; отсоединяют провод от клеммы «-» аккумуляторной батареи; отворачивают винты крепления контроллера; снимают контроллер, отсоединив от него жгут проводов с колодкой разъема; снимают крышку отсека ППЗУ, отвернув винты крепления; вынимают ППЗУ, потянув его вверх (открыв предварительно замок нажатием фиксатора сбоку панельки ППЗУ в сторону от середины корпуса контроллера); осторожно устанавливают новое ППЗУ в гнездо панели контроллера и закрывают замок нажатием на фиксатор с другой стороны панели. Для обеспечения однозначности соединения с панелью контроллера ППЗУ имеет «ключ» в виде полукруглой выемки на корпусе (ППЗУ располагают ключом в сторону соединителей контроллера);
- установку контроллера на автомобиль осуществляют в обратной последовательности.

К диагностическому и испытательному оборудованию для контроля параметров аппаратов систем зажигания относятся:

- комплект приборов типа Э203 для очистки и проверки свечей зажигания;
- стенды СПЗ-8 и СПЗ-16 для испытаний и регулирования систем зажигания;
- цифровой мультиметр типа М890С или J39689-78 для измерения напряжения, силы тока, сопротивления, частоты, температуры и частоты вращения коленчатого вала.

Комплект приборов Э203 для очистки и контроля свечей зажигания состоит из двух испытательных устройств: первое — типа Э203.О для пескоструйной очистки теплового конуса свечи зажигания под давлением 0,3...0,6 кПа и расходе воздуха 50 л/мин, вто-

рое — типа Э203.П для проверки бесперебойности искрообразования и герметичности при давлениях до 16 кПа. Для этих устройств необходим воздушный компрессор производительностью до 100 л/мин при давлении до 15 кПа.

Тип стенда — стационарный; напряжение питания — однофазный переменный ток 220 В, 50 Гц; потребляемая мощность — 15 Вт; габаритные размеры устройства Э203.О — 215×280×180 мм при массе 4 кг; устройства Э203.П — 245×125×355 мм при массе 7 кг.

Для проверки технического состояния и контроля основных электрических параметров аппаратов систем зажигания, снятых с ДВС — классических, бесконтактных с магнитоэлектрическим датчиком момента искрообразования и с датчиком на эффекте Холла, транзисторных и тиристорных — применяют универсальные **стенды типа СПЗ-8** или **СПЗ-16**. Эти стенды позволяют определить следующие основные параметры систем зажигания:

- очередность и бесперебойность искрообразования, электрическую прочность высоковольтных деталей с помощью регулируемых зазоров игольчатых разрядников;
- асинхронизм искрообразования, углы опережения зажигания в зависимости от частоты вращения и разрежения, угол замкнутого состояния контактов прерывателя и время открытого состояния выходного транзистора коммутатора с помощью лимба стробоскопического устройства;
- напряжение, силу тока, величину активного сопротивления и частоту вращения.

Тип стенда СПЗ-16 — стационарный; точность измерения углов опережения зажигания $\pm 0,5^\circ$ с автоматическим исключением случайных и систематических погрешностей. Регулирование частоты вращения — в диапазоне 0...6 000 мин⁻¹; регулирование разрежения — до 400 мм рт. ст.; точность измерения напряжения, силы тока, сопротивления и частоты — не хуже 4 %; питание — от однофазной сети 220 В, 50 Гц; потребляемая мощность — 400 Вт; габаритные размеры — 590×414×550 мм; масса — 30 кг.

Для проверки технического состояния систем зажигания и электронных систем управления двигателем применяют системы компьютерного диагностирования:

- типа КАД-300;
- мотор-тестеры типа МТ-5;
- тестеры типа ДСТ 2 и автосканеры типа «Евроскан».

Мотор-тестер представляет собой электронный осциллограф, к которому через аналогово-цифровой преобразователь подключены датчики, компьютер и управляющее устройство. Автосканер — портативный диагностический прибор, подключаемый к бортовому компьютеру блока управления через специальный диагностический разъем. Сканер осуществляет обмен данными с электронным блоком управления системы и имеет доступ к его памяти и внутренним ресурсам. Автосканером диагностируют микропроцессорные системы управления.

В настоящее время на станциях технического обслуживания и в диагностических центрах используются мотор-тестеры фирмы Bosch.

У каждого мотор-тестера имеется возможность распечатать данные измерений на принтере в любом формате (протокол, цифровая распечатка). Управление мотор-тестером осуществляется с помощью клавиатуры постоянных функций или клавиатуры персонального компьютера. К постоянным функциям относятся отключение или замыкание высокого напряжения системы зажигания на «массу», запись и считывание измеренных значений параметров системы, вывод информации, переключение из режима осциллографирования на программу измерений и т.д.

Структура управления и программного обеспечения мотор-тестера состоит из трех уровней:

- уровень, на котором производится идентификация автомобиля и электронной системы управления (государственный номер, номера двигателя, шасси, кузова, тип электронного блока управления, дата изготовления и т.д.);
- уровень, состоящий из тестовой программы диагностирования двигателя (условия измерений, элементы и устройства, режимы работы двигателя и т.д.);
- уровень, определяющий программу испытаний (например, измерения первичной цепи катушки зажигания, вторичной цепи, проверка свечей зажигания, сравнение осциллограмм вторичной цепи по цилиндрам и т.д.).

В процессе диагностирования с помощью мотор-тестера сравнивают измеренные значения контролируемых параметров с эталонными (заданными заводом-изготовителем). Проверяют коды неисправностей, которые извлекаются из памяти контроллера (электронного блока управления). Измеряют напряжение бортовой сети, токсичность отработавших газов (по трем компонентам)

в режиме холостого хода и при наборе частоты вращения вала двигателя. Анализируют симптомы неисправностей, например двигатель не запускается или работает с перебоями.

На дисплей персонального компьютера или на экран осциллографа выводятся осциллограммы рабочих процессов агрегатов автомобиля и электронной или электрической системы. Эти осциллограммы сравнивают с эталонами, после чего на экране выводится резюме о неисправности. С помощью специальной клавиши управления на каждом этапе проверки или диагностирования может быть выведена подсказка о дальнейших операциях диагностирования.

Система компьютерного диагностирования бензиновых двигателей типа КАД-300 выполнена на базе персонального компьютера с цветным дисплеем и принтером. Управление мотор-тестером осуществляется с помощью инфракрасного дистанционного пульта или с клавиатуры компьютера. Результаты измерений и диагностирования выводятся на монитор и записываются в память с целью формирования базы технических данных и результатов диагностирования. Выполнение процедуры диагностирования и измерений параметров системы осуществляется с помощью картриджа на гибком диске.

Рабочая программа диагностирования действует по принципу меню. Сначала вводятся данные о диагностируемом двигателе, измерительные режимы и их последовательность, вывод результатов и вспомогательные программы. К измерительным программам относятся:

- режим пуска с измерением компрессии в цилиндрах двигателя и сила тока стартера в режиме холостого хода;
- баланс мощности двигателя — эффективная мощность и мощность потерь;
- цилиндрический баланс — последовательное отключение цилиндров с помощью соединения высоковольтного провода, идущего на свечу зажигания, на «массу»;
- параметры аккумуляторной батареи, первичной цепи системы зажигания, напряжения генераторной установки, параметры прерывателя или выходного каскада транзисторного коммутатора системы зажигания;
- углы опережения зажигания;
- вторичная цепь системы зажигания, параметры искрового разряда;

Таблица 5.11. Возможные причины неисправностей свечей зажигания, вызванные их загрязнением				
Вид загрязнения свечи зажигания	Возможная причина неисправности	Сопутствующий признак загрязнения	Способ устранения неисправности	
Тонкий слой светло-серого или светло-коричневого налета	Двигатель исправен. Свеча соответствует двигателю по калильному числу	Расход топлива, моторного масла и токсичность отработавших газов соответствует норме	Очистить свечу от налета в приборе Э203.О и при необходимости отрегулировать зазор	
	Неправильное регулирование карбюратора или угла опережения зажигания	Повышенный расход топлива, снижение мощности двигателя, неустойчивая работа на холостом ходу, затруднен пуск двигателя	Отрегулировать карбюратор и систему зажигания	
Матовый слой черной копоти	Низкая компрессия из-за негерметичности клапанов или износа цилиндропоршневой группы		Ремонт двигателя	
	Загрязнение воздушного фильтра		Заменить фильтр	
	Неправильная установка искровых зазоров		Отрегулировать зазоры свечей зажигания	
	Трещина в изоляторе свечи зажигания		Заменить свечи зажигания	
	Калильное число больше необходимого			

Вид загрязнения свечи зажигания	Возможная причина неисправности	Сопутствующий признак загрязнения	Способ устранения неисправности
Нагар блестящий, черного, маслянистого цвета	Попадание масла в камеру сгорания двигателя	Повышенный расход масла, неустойчивая работа в режиме холостого хода, затруднен пуск двигателя	Заменить маслосъемные колпачки клапанов или поршневые маслосъемные кольца
Отложения толстого, рыхлого слоя на тепловом конусе свечи	Низкое качество бензина или масла	Перебои в работе двигателя, затрудненный пуск	Заменить топливо и масло
Отложения красного цвета на тепловом конусе свечи	Превышение допустимой концентрации металловосдержающих присадок в топливе	Перебои в работе двигателя, затрудненный пуск холодного двигателя	Заменить топливо
Оплавление, выгорание электродов свечи зажигания, трещины или разрушение теплового конуса свечи	Калильное число свечи меньше необходимого	Перебои в работе двигателя, плохой пуск	Заменить свечи
	Неисправна система охлаждения двигателя	Перегрев двигателя	Исправить систему охлаждения двигателя
	Увеличен угол опережения зажигания	Детонационное сгорание в камере сгорания	Отрегулировать зажигание
	Применение низкооктанового топлива		Заменить топливо

- измерение концентрации вредных составляющих отработавших газов с помощью газоанализатора;
- режим омметра, измерителя индуктивностей и емкостей.

Осциллограммы рабочих процессов первичной и вторичной цепей системы зажигания, пульсации напряжения генераторной установки и рабочий процесс в электромагнитной форсунке впрыска топлива воспроизводятся цифровым осциллографом с памятью.

Техническая характеристика мотор-тестера: тип — стационарный; диапазоны измерения: мощность двигателя, потери мощности, компрессия — 0...100 %; асинхронизм, угол замкнутого состояния контактов или время открытого состояния выходного транзистора коммутатора — 0...180° по коленчатому валу двигателя или 0...100 мс. Диапазоны измерения: угол опережения зажигания с помощью стробоскопа — 0...60° по коленчатому валу двигателя; длительность искрового разряда на свече зажигания — 0...10 мс; частота вращения вала — 0...6 000 мин⁻¹; напряжение постоянного тока — 0...40 В, высокое напряжение на выходе катушки зажигания — 0...40 кВ, сила тока — 0...600 А, сопротивление — 0...100 кОм. Питание — сеть 220 В, 50 Гц, потребляемая мощность — 310 В·А, габаритные размеры — 760×1950 (по стреле)×670 мм, масса — 100 кг.

Варианты осциллограмм, соответствующих неисправностям системы зажигания, получаемых на экране дисплея (монитора) мотор-тестеров являются типовыми и не зависят от марки мотор-тестера и фирмы-производителя.

Диагностирование искровых свечей зажигания проводится следующим образом. Если при прокручивании двигателя стартером высокое напряжение аппаратов зажигания соответствует норме, то производят диагностирование состояния свечей по виду загрязнения теплового конуса и анализу возможных причин, сопутствующему признаку загрязнения. В табл. 5.11 приведены возможные причины неисправностей искровых свечей зажигания и способы их устранения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков принцип работы высоковольтной системы зажигания?
2. Какие основные аппараты входят в систему зажигания?
3. Как определяется максимальное значение высокого напряжения системы зажигания?

4. Какие конструкции катушек зажигания вы знаете?
5. Какие конструкции распределителей и датчиков-распределителей вы знаете?
6. Какие конструкции транзисторных коммутаторов вы знаете?
7. В чем особенность цифровых и микропроцессорных систем зажигания?
8. Какие изделия электронной техники применяются в системах зажигания?
9. Каковы характеристики свечей зажигания?
10. Как диагностируются системы зажигания?
11. Какие диагностические устройства вы знаете?
12. Что такое коды неисправностей в микропроцессорных системах зажигания?

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

6.1. ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ АГРЕГАТАМИ АВТОМОБИЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

При управлении силовыми агрегатами автомобиля с помощью электронных систем происходят следующие процессы:

- преобразование химической энергии топлива в механическую энергию тяговой или тормозной мощности автомобиля;
- преобразование команд управления водителя в изменение мощности двигателя;
- управление скоростью движения автомобиля;
- управление эффективной мощностью двигателя за счет управления его рабочим процессом;
- контроль величины эффективной мощности двигателя посредством анализа информации о частоте вращения коленчатого вала двигателя, его температурном и нагрузочном режиме (абсолютное давление во всасывающем трубопроводе или массовый расход топлива);
- управление с помощью обратных связей уровнем детонации и поддержанием стехиометрического состава смеси (с помощью датчиков детонации и λ -зонда);
- формирование сигналов, управляющих зажиганием, цикловой подачей топлива, количеством отработавших газов для рециркуляции, улавливанием паров испаряющегося топлива, датчиками режимов двигателя и подачей топлива к дозирующей системе;
- анализ работы датчиков и исполнительных механизмов с целью их диагностики.

Двигатель как объект автоматического управления по входным параметрам вырабатывает управляемые характеристики (мощностные, экологические и динамические) двигателя внутреннего сгорания.

Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки $\varphi_{др}$, угол опережения зажигания θ , цикловой расход топлива G_t и др.) — параметры, которые влияют на протекание рабочего процесса двигателя. Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или системы автоматического управления, поэтому они называются управляющими.

Входные управляемые параметры характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся частота вращения коленчатого вала, вращающий момент M_e , показатели топливной экономичности g_e и токсичности отработавших газов (например, содержание оксида углерода CO), а также многие другие.

Кроме входных управляющих параметров на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают управлению. К случайным возмущениям можно отнести изменение параметров состояния внешней среды (температура T , атмосферное давление p , влажность), свойства топлива и масла и т. д.

Для двигателя характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления он считается нелинейным, так как реакция на сумму внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что двигатель в условиях городской езды работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления.

Из-за сложности конструкции двигателя, наличия допусков на его размеры по конструктивным параметрам (степень сжатия, геометрические параметры впускного и выпускного трактов и т. д.) отличаются и отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя.

Автомобильный двигатель представляет собой многомерный объект управления, так как число входных параметров у него больше единицы, и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных. В таком случае система управления является многомерной.

Система автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУ ЭПХХ) была первой электронной системой управления, регулирующей топливоподачу,

предназначенной для перекрытия подачи топлива по каналам холостого хода карбюратора, если одновременно выполняются три условия:

- частота вращения коленчатого вала двигателя превышает выбранное пороговое значение;
- педаль подачи топлива полностью отпущена (дроссельная заслонка закрыта);
- температура воды в системе охлаждения двигателя выше 65 °С.

На грузовых автомобилях устанавливаются САУ ЭПХХ двух модификаций: без ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя и с ограничителем.

На рис. 6.1 представлена схема САУ ЭПХХ без ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала, состоящая из электронного блока управления, электромагнитных клапанов и неподвижного контакта. Блок управления установлен в кабине автомобиля. Электромагнитные клапаны установлены на карбюраторе так, чтобы при их включении каналы холостого хода карбюратора полностью перекрывались, и подача топлива по ним прекращалась. Неподвижный контакт является упором для винта, регулирующего частоту вращения в режиме холостого хода двигателя.

Через вывод Х5 штекерного разъема на блок управления САУ ЭПХХ поступают импульсы от вывода коммутатора КТСЗ. Частота этих импульсов пропорциональна частоте вращения двигателя (для восьмицилиндрового двигателя частота вращения превышает частоту следования импульсов системы зажигания в 15 раз). Датчиком частоты вращения коленчатого вала двигателя для САУ ЭПХХ традиционно является система зажигания. Выходное напряжение датчика температуры подается в блок управления через выход Х2 штекерного разъема.

Цепь неподвижного контакта *S1* замкнута, когда дроссельная заслонка полностью закрыта. При всех других положениях заслонки цепь разомкнута.

Импульс напряжения положительной полярности от системы зажигания через диод *VD1* и резисторы *R1*, *R6* заряжает конденсатор *C2*. Ток заряда, проходя через переход база — эмиттер транзистора *VT3*, открывает его на короткое время. При этом полностью разряжается конденсатор *C5* и включается в работу схема преобразования частоты следования импульсов (частоты вращения коленчатого вала двигателя) в пропорциональное ей напряжение.

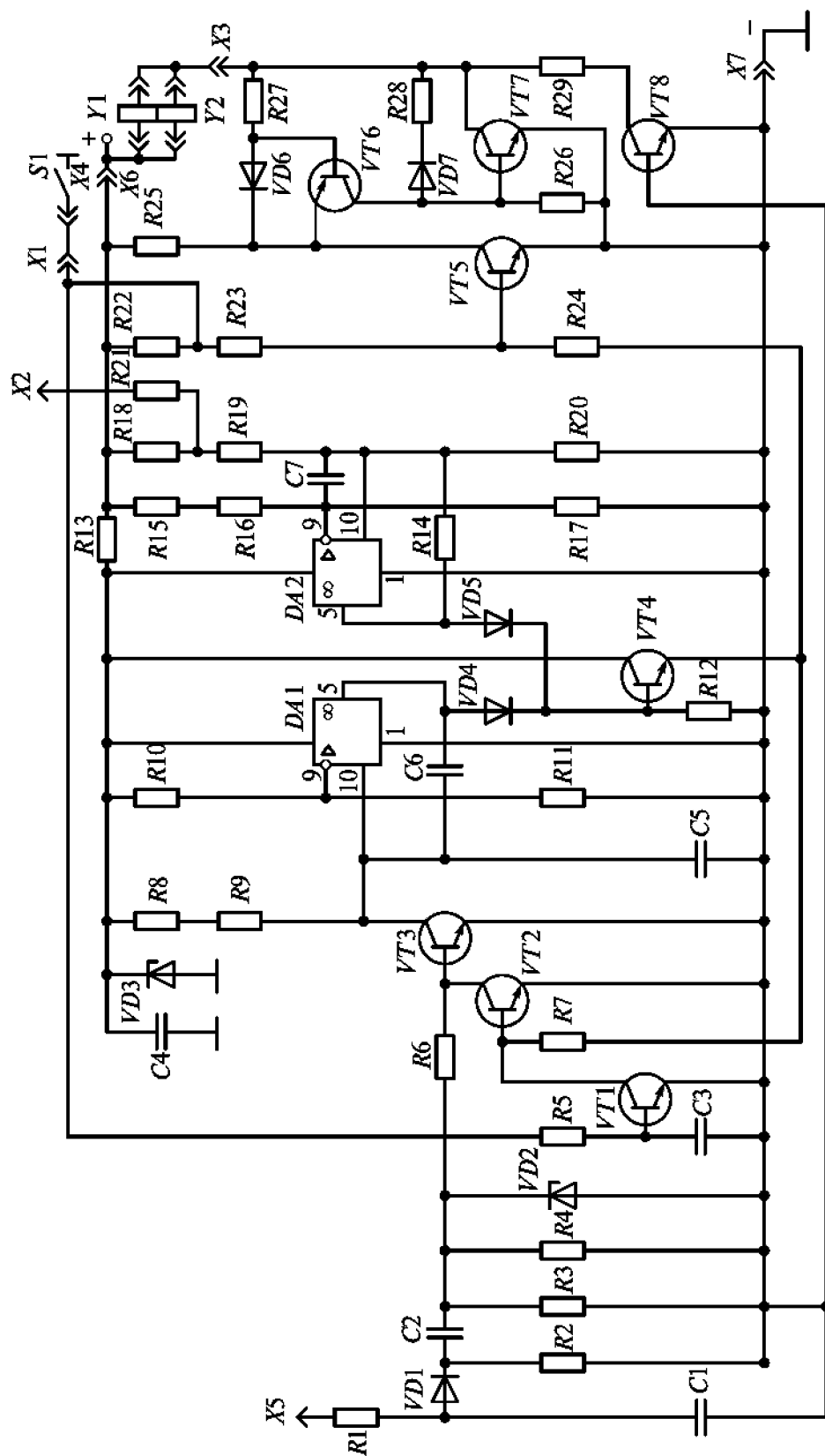


Рис. 6.1. Электрическая схема системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода грузовых автомобилей без ограничения максимальной частоты вращения двигателя:
 VD1 – VD7 – диоды и стабилитроны; X1 – X7 – выходы блока управления; C1 – C7 – конденсаторы; S1 – контакты от-
 крытия дроссельной заслонки; DA1, DA2 – микросхемы; R1 – R29 – резисторы; VT1 – VT8 – транзисторы; Y1, Y2 –
 электромагнитные клапаны

Схема преобразования включает в себя транзистор *VT3*, конденсатор *C5* и резисторы *R8*, *R9*. Как только транзистор *VT3* закроется, конденсатор *C5* зарядится через резисторы *R8*, *R9*. Напряжение на конденсаторе тем выше, чем больше пауза между импульсами зажигания, так как при следующем импульсе транзистор *VT3* вновь откроется и конденсатор *C5* разрядится. Следовательно, напряжение на конденсаторе *C5* обратно пропорционально частоте вращения коленчатого вала двигателя (чем меньше частота, тем больше напряжение).

Напряжение конденсатора *C5* подводится к не инвертирующему входу «10» компаратора *DA1*, собранному на микросхеме К140УД1А. На инвертирующий вход «9» компаратора подается опорное напряжение с делителя *R10*, *R11*, примерно равное половине напряжения на компараторе, стабилизированного стабилитроном *VD3*. Напряжение на выходе «5» компаратора появляется только тогда, когда меняющийся по времени сигнал на не инвертирующем входе будет равен (или больше) сигналу на инвертирующем входе. Появление сигнала на выходе компаратора открывает транзистор *VT4*.

Если частота вращения коленчатого вала двигателя такова, что напряжение на входе «10» компаратора меньше опорного напряжения, то транзистор *VT4* закрыт. При понижении частоты вращения ниже порогового значения напряжение на конденсаторе *C5* превышает опорное напряжение, и компаратор *DA1* открывает транзистор *VT4*. Настройка схемы на выбранную пороговую частоту вращения проводится подбором резисторов *R9*, *R10*.

Второй компаратор *DA2* собран также на микросхеме К140УД1А. На его инвертирующий вход «9» подается опорное напряжение, а на не инвертирующий вход «10» — напряжение от датчика температуры охлаждающей жидкости. Если температура ниже 65 °С, то напряжение на входе «10» будет выше, чем на входе «9», и выходное напряжение компаратора *DA2* переведет транзистор *VT4* в открытое состояние. На транзисторе *VT4* реализована схема «ИЛИ» (он открыт, если на его базовую цепь подается напряжение от компаратора *DA1* или от компаратора *DA2*, или от обоих компараторов одновременно).

Транзистор *VT4* открыт, если частота вращения коленчатого вала двигателя ниже пороговой и двигатель находится в холодном состоянии. Открытый транзистор *VT4* препятствует включению электромагнитных клапанов, перекрывающих подачу топлива по каналам холостого хода. Ток его эмиттера через резистор *R24* проходит в базовую цепь транзистора *VT5* и открывает его. Открытый

транзистор *VT5* шунтирует силовой усилитель на транзисторах *VT6*, *VT7*, управляющий электромагнитными клапанами.

Транзистор *VT4* блокируется транзисторами *VT2* и *VT3*. Ток его эмиттера через резистор *R7* открывает транзистор *VT2*, который, шунтируя переход эмиттер—база *VT3*, закрывает его и делает компаратор *DA1* невосприимчивым к импульсам системы зажигания.

Самоблокировка транзистора *VT4* возможна лишь в том случае, если цепь неподвижного контакта *S1* замкнута. Размыкание цепи неподвижного контакта разблокирует транзистор *VT4*, поскольку через резистор *R22* переход база—эмиттер *VT1* смещается в прямом направлении, транзистор открывается, закрывает транзистор *VT2*, и транзистор *VT3* вновь становится восприимчив к импульсам системы зажигания.

Разомкнутая цепь неподвижного контакта препятствует включению электромагнитных клапанов, так как при этом транзистор *VT5* открыт протекающим током в его базовой цепи через резисторы *R22*, *R23*. При закрытии дроссельной заслонки замыкается цепь неподвижного контакта *S1* и через вывод *X1* штекерного разъема и резистор *R23* база транзистора *VT5* соединяется с «массой», что приводит его в закрытое состояние.

Если частота вращения коленчатого вала выше пороговой частоты, двигатель прогрет, дроссельная заслонка закрыта, транзисторы *VT4* и *VT5* закрыты и САУ ЭПХХ может перекрыть подачу топлива в карбюраторе. Первый же импульс от системы зажигания током заряда конденсатора *C1* открывает транзистор *VT8*, что, в свою очередь, приводит к открытию транзисторов *VT6* и *VT7* и подключению обмоток электромагнитных клапанов к цепи электропитания через переход эмиттер — коллектор *VT7*. Подача топлива прекращается.

После открытия транзистора *VT7* базовый ток *VT6* может протекать через его переход эмиттер—коллектор, благодаря чему осуществляется самоблокировка схемы включения электромагнитных клапанов и они остаются включенными, даже если транзистор *VT8* закрылся после прекращения протекания тока через конденсатор *C1*. При открытии дроссельной заслонки или уменьшении частоты вращения коленчатого вала двигателя открывается транзистор *VT5*, запираются транзисторы *VT6*, *VT7*, отключаются электромагнитные клапаны и восстанавливается подача топлива по каналам холостого хода карбюратора.

Электромагнитные клапаны срабатывают не одновременно. В системе ЭПХХ разность времени срабатывания по частоте вра-

щения составляет примерно 10 мин^{-1} . Этим достигается постепенное отключение электропитания от клапанов и сводятся до минимума автоколебания в системе. Схема имеет автоматическую защиту от замыканий, обрыва выводов и опасных пиков напряжения в цепи электроснабжения.

Микропроцессорные системы управления впрыскиванием топлива и зажиганием и электронные системы управления дизельным двигателем устанавливаются на автомобильных двигателях семейства ВАЗ-2110, ЗМЗ-4062.10 и ГАЗ-560.

Микропроцессорная система управления двигателем (рис. 6.2) состоит из датчиков положения коленчатого вала двигателя 15, положения распределительного вала (фазы) 14, температуры охлаждающей жидкости 13, детонации 12, массового расхода воздуха 11, положения дроссельной заслонки 10, температуры воздуха 9. Сигналы с датчиков поступают в контроллер 1, который управляет четырьмя электромагнитными форсунками 2, электрическим бензонасосом 3, регулятором добавочного воздуха 6, модулем зажигания 5 и работой свечей зажигания 4.

Контроллер 1 «руководит» следующими программами управления:

- формированием момента и длительности электрических импульсов открытия электромагнитных форсунок 2 подачи топлива;
- формированием момента и величины угла опережения зажигания в зависимости от режима работы двигателя;
- работой регулятора добавочного воздуха 6;
- работой электрического бензонасоса 3;
- работой двигателя в резервном режиме при выходе из строя отдельных элементов системы;
- контролем и самодиагностированием системы.

В состав системы входят контрольная лампа в комбинации приборов и диагностический разъем. Устройство самодиагностирования предназначено для информирования водителя об имеющихся неисправностях в системе управления и высвечивания диагностических кодов с помощью диагностической лампы или табло. Диагностические коды неисправностей, которые происходили в процессе работы двигателя, запоминаются и находятся в памяти процессора контроллера.

В микропроцессорных системах управления двигателем применяется функция управления УОЗ на границе детонации. В кон-

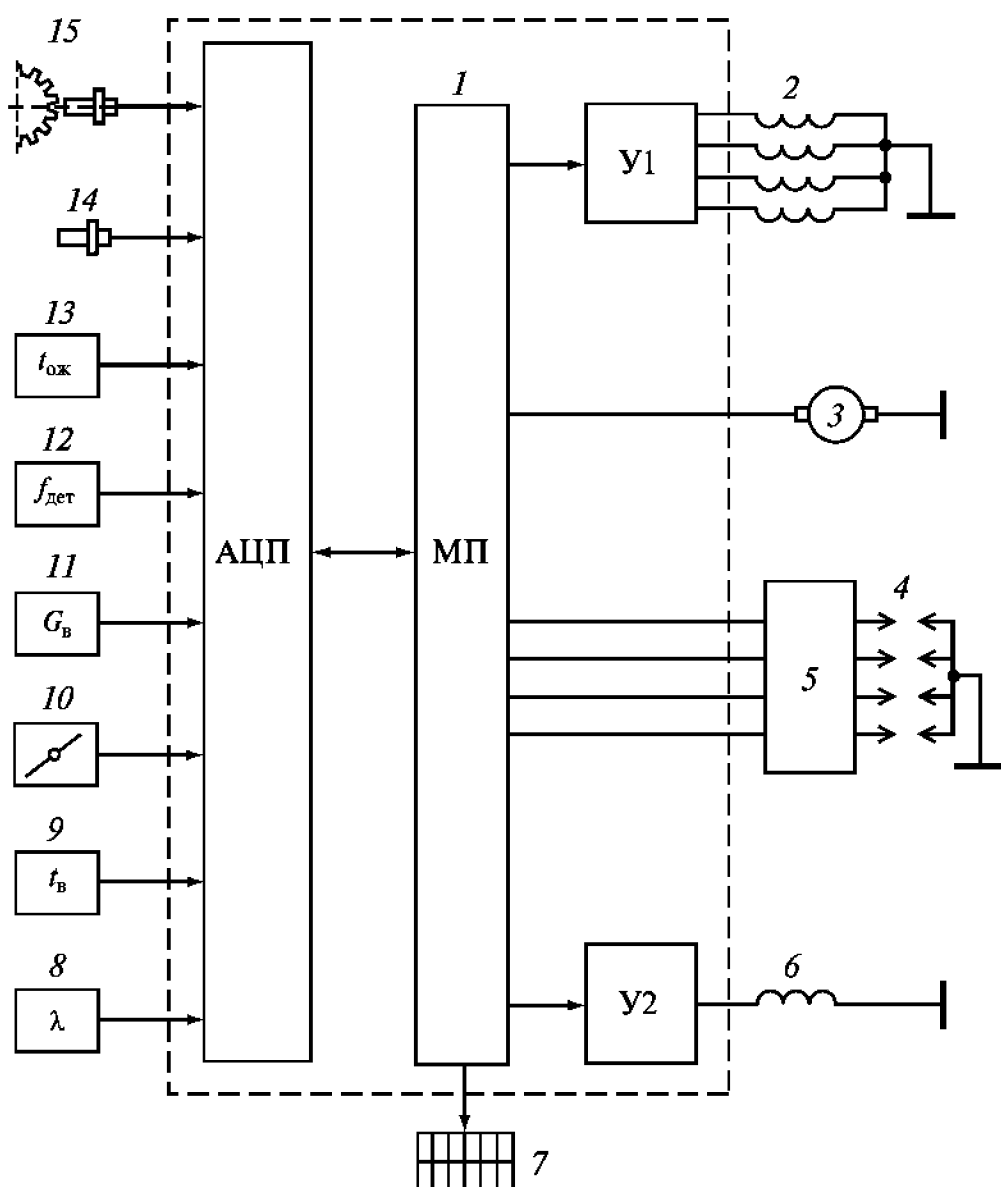


Рис. 6.2. Структурная схема системы управления бензиновым или газовым двигателем:

1 — электронный блок управления (контроллер); 2 — электромагнитные форсунки; 3 — электрический бензонасос; 4 — свечи зажигания; 5 — модуль зажигания; 6 — регулятор добавочного воздуха; 7 — диагностическая колодка; 8 — кислородный датчик (λ -зонд); 9 — датчик температуры всасываемого воздуха t_b ; 10 — датчик положения дроссельной заслонки; 11 — датчик массового расхода воздуха G_b ; 12 — датчик детонации $f_{дет}$; 13 — датчик температуры охлаждающей жидкости $t_{ож}$; 14 — датчик фазы; 15 — датчик положения коленчатого вала двигателя; АЦП — аналого-цифровой преобразователь; МП — микропроцессор; У1 — усилитель форсунок; У2 — усилитель регулятора добавочного воздуха

троллерах МПСУД бензиновых двигателей часто применяют две восьмиразрядные или одну шестнадцатиразрядную микроЭВМ с расширенными функциональными возможностями. У таких систем датчик детонации устанавливается в месте, которое обеспечивает надежную регистрацию начала детонации во всех цилиндрах двигателя. На двигателях с большим числом цилиндров устанавливают до двух датчиков детонации, работа которых синхронизирована с частотой вращения распределительного вала.

Конструктивно блок управления с расширенными функциями на двух восьмиразрядных микроЭВМ типа КМ1816ВЕ48 (рис. 6.3) имеет печатную плату, на которой расположены устройства ввода — входного интерфейса, процессора и устройства вывода управляющих сигналов.

Входной интерфейс включает в себя:

- блок обработки сигналов датчика детонации ДД, управляемый пиковым детектором ПД и интерфейсом с циклом измерения за период 150 мкс. В блоке осуществляется преобразование огибающей амплитуды отфильтрованного выходного напряжения датчика детонации в двоичный код и вывод его в порт микроЭВМ МП1;
- блок обработки сигнала датчика массового расхода воздуха *GB*, который включает схему нормализации, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с управлением от МП1, схему управления и устройство сопряжения с портом ввода МП1;
- блок обработки сигналов датчиков синхронизации, который формирует импульсы от датчиков ВМТ, угловых импульсов УИ положения коленчатого вала и фазы — положения газораспределительного вала. По сигналам этих датчиков определяется ВМТ первого цилиндра, текущее значение угла поворота коленчатого вала и порядок работы цилиндров двигателя. По сигналам датчика УИ вычисляется частота вращения вала двигателя. Обработка этой информации осуществляется в микроЭВМ МП1;
- блок нормализации напряжений аналоговых датчиков УН с АЦП и мультиплексором МХ. В блоке предусмотрена обработка аналоговых сигналов датчиков: температуры охлаждающей жидкости, всасываемого воздуха и нейтрализатора, положения дроссельной заслонки, потенциометра регулировки холостого хода, напряжения бортовой сети и резервных;

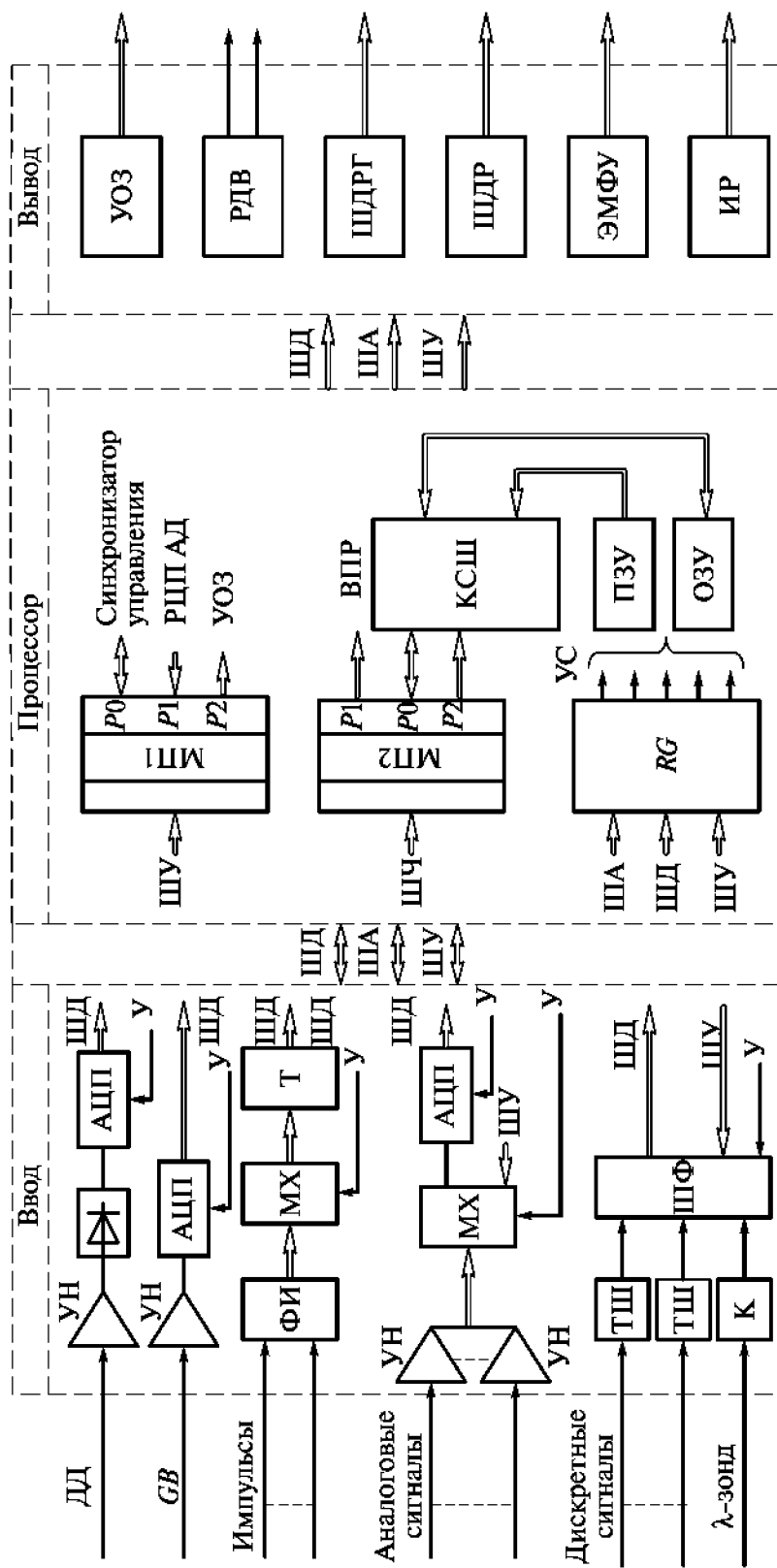


Рис. 6.3. Структурная схема блока управления с расширенными функциями на двух восьмимизрядных микроЭВМ:

ДД — датчик детонации; GB — аккумуляторная батарея; λ — зонд; УН — усилитель-нормализатор аналоговых сигналов датчиков; АЦП — аналого-цифровой преобразователь; ШД — шина данных; ШУ — шина управления; ША — шина адреса; ТШ — триггер Шмитта; ШФ — шифратор; К — компаратор; Т — таймер; МХ — мультиплексор; ФИ — формирователь импульсов; У — управление; МП1, МП2 — микроЭВМ; P0, P1, P2 — регистры; RG — устройство управления; ПЗУ — постоянное запоминающее устройство; ОЗУ — оперативное запоминающее устройство; ВПР — регистры внешней памяти; KS — канал синхронизации шин; УОЗ — управление углом опережения зажигания; РДВ — управление регулятором дополнительной подачи воздуха; ШДРГ — управление шаговым двигателем рециркуляции отработавших газов; ЭМФУ — управление топливными форсунками; ШДР, ИР — управление дополнительными устройствами

- блок ввода дискретных сигналов от датчика включения сцепления (контактный датчик), реле стартера, λ -зонда, скорости автомобиля (на доплеровском эффекте), резервных контактных. После предварительной обработки сигналы датчиков поступают на шинный формирователь ШФ, который производит последовательный опрос состояния датчиков и подводит данные к ячейкам памяти микроЭВМ МП2.

В процессоре микроЭВМ МП1 осуществляется обработка сигналов первичных датчиков и реализуются следующие функции:

- обработка сигналов датчиков детонации, массового расхода воздуха, синхронизации;
- управление выходными каскадами системы зажигания;
- формирование сигналов на внутреннюю шину данных ШД и шину управления ШУ, в которые входят номера цилиндра текущего всасывания заряда (впрыскивания топлива), сигнал синхронизации заряда (впрыскивания), сигнал АЦП датчика массового расхода воздуха, сигнал управления шиной порта ввода МП1, сигналы асинхронного обмена информацией с микроЭВМ МП2;
- прием сигналов с внутренней шины управления ШУ.

МикроЭВМ МП2 обрабатывает сигналы первичных датчиков и выполняет следующие функции:

- ввод аналоговых сигналов;
- ввод дискретных сигналов;
- ввод импульсных сигналов;
- управление силовыми ключами электромагнитных форсунок по независимым каналам.

В процессоре предусмотрен контроллер системной шины КСШ, который управляет:

- регистрами АЦП, таймерами, шинными формирователями и регистрами системы;
- внешней оперативной памятью микроЭВМ МП2;
- внешней постоянной памятью.

Вывод управляющих сигналов производится по следующим каналам:

- через выходной порт МП1 управляются ключи катушек зажигания УОЗ. При этом предусмотрено применение

одновыводной катушки зажигания с высоковольтным распределителем, двух двухвыводных катушек зажигания или стержневых катушек на свечи зажигания (до восьми);

- по двум мультиплексированным каналам управления сигналом широтно-импульсной модуляцией с несущей частотой 2 кГц осуществляется связь с регулятором добавочного воздуха РДВ;
- путем последовательной коммутации выводов четырех обмоток дискретных двигателей на «массу» с помощью МП2 регулируется режим работы и направление сдвига вала шаговых двигателей ШДРГ и ШДР;
- с порта P1 МП2 по восьми независимым каналам осуществляется управление электромагнитными топливными форсунками (ЭМФ);
- через каналы управления исполнительными реле ИР топливного насоса, стартера, электровентилятора, нагревателя датчика кислорода, индикации неисправностей, прогрева датчика расхода воздуха и двумя резервными.

Конструкция МПСУД бензиновых двигателей прошла ряд этапов своего развития. После создания ЭСАУ ЭПХХ появились МПСЗ, затем МПСУД управления карбюратором и зажиганием. Следующими МПСУД были системы управления впрыскиванием бензина в зону всасывающих клапанов (распределенное впрыскивание), МПСУД управления фазным впрыскиванием топлива. Для обеспечения постоянно ужесточающихся норм по токсичности отработавших газов разработаны и внедряются МСУД управления непосредственным впрыскиванием бензина в камеру сгорания двигателя. Развитие получили и микропроцессорные системы управления дизелями.

Электронная система управления дизелем ГАЗ-560 (рис. 6.4) предназначена для снижения токсичности и дымности отработавших газов, уровня шума, оптимизации и стабилизации частоты вращения коленчатого вала на режимах холостого хода. Система состоит из электронного блока 1, датчика положения педали газа 18, клапана 12 рециркуляции ОГ, электромагнита 8 управления насос-форсунками, датчика 14 температуры охлаждающей жидкости, датчика 13 температуры воздуха на впуске в двигатель, датчика 17 частоты вращения коленчатого вала, датчика 16 наддува и свечей накаливания 3. Микропроцессорная система управления топливоподающей аппаратурой дизелей обеспечивает следующие функции управления:

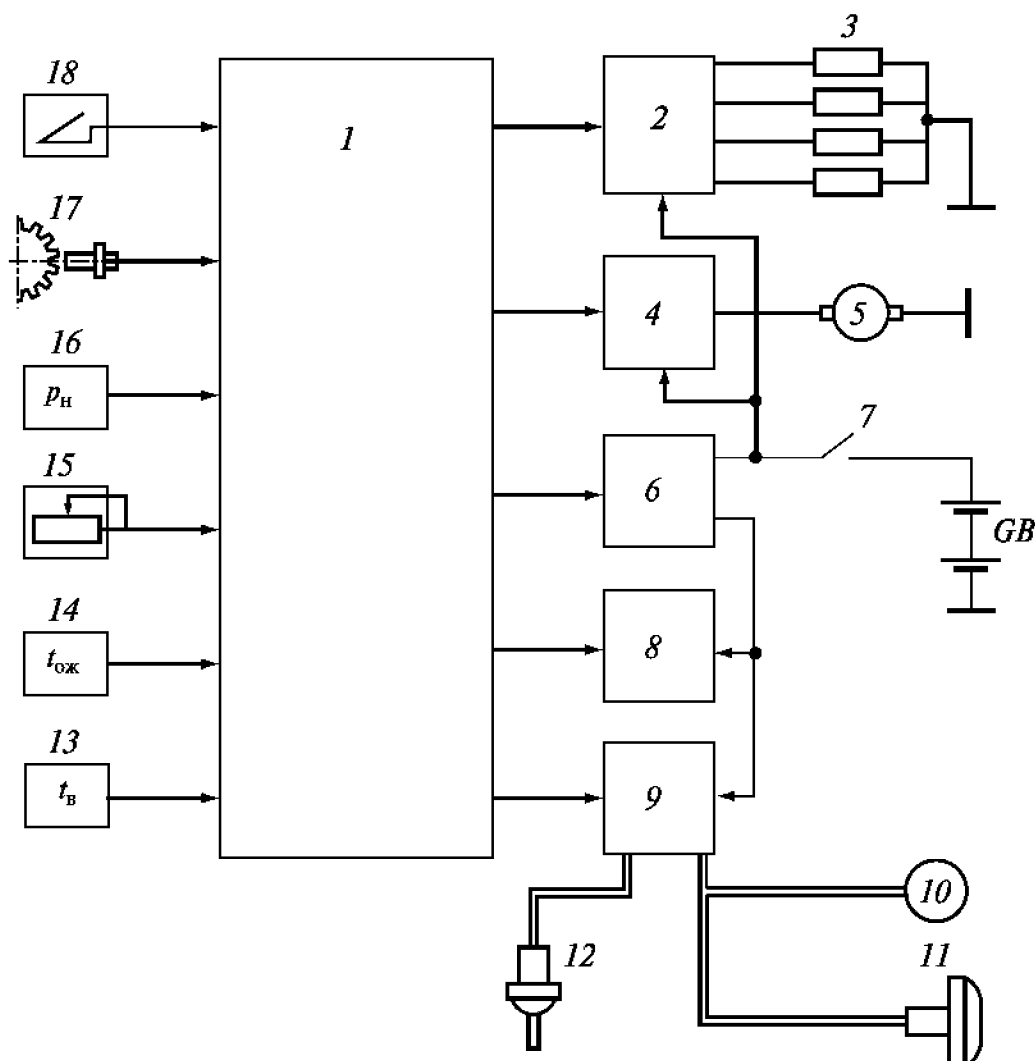


Рис. 6.4. Структурная схема системы управления дизелем:

1 — электронный блок управления; 2 — реле свечей накаливания; 3 — свечи накаливания; 4 — реле топливного насоса; 5 — топливный насос; 6 — главное реле системы; 7 — выключатель зажигания; 8 — электромагнит управления рейкой насос-форсунок; 9 — электромагнитный клапан рециркуляции отработавших газов; 10 — вакуумный насос; 11 — вакуумный усилитель тормозов; 12 — исполнительный клапан системы рециркуляции отработавших газов; 13 — датчик температуры всасываемого воздуха $t_{\text{в}}$; 14 — датчик температуры охлаждающей жидкости $t_{\text{ож}}$; 15 — датчик положения рейки насос-форсунок; 16 — датчик давления наддува; 17 — датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 18 — датчик положения педали газа; GB — аккумуляторная батарея

- гибкое регулирование цикловой подачей топлива в соответствии со скоростным и нагрузочным режимом двигателя;
- обеспечение оптимальной неравномерности подачи и угла опережения впрыскивания топлива по цилиндрам

двигателя в зависимости от технического состояния двигателя;

- оптимальное регулирование угла опережения впрыскивания топлива на всех режимах работы;
- автоматизацию пуска путем необходимого обогащения смеси, а также выключение подачи топлива на принудительном холостом ходу, регулирование подачи на переходных режимах;
- отключение цилиндров на частичных нагрузках;
- диагностирование датчиков и исполнительных устройств;
- оптимальное регулирование давления и характеристики впрыскивания топлива;
- осуществление регулируемого дополнительного впрыскивания топлива для разогрева нейтрализатора отработавших газов на частичных нагрузках;
- осуществление двухфазного впрыскивания топлива с регулированием интервала между впрыскиваниями;
- регулирование давления наддува при всасывании;
- управление рециркуляцией отработавших газов;
- управление свечами накаливания;
- управление фазами газораспределения;
- согласование работы с климатической установкой и АБС.

Во время работы двигателя в блок управления *1* поступают сигналы от датчиков, которые им обрабатываются и определяется программа работы насос-форсунки и клапана *9* рециркуляции, а в режиме пуска двигателя — управление свечами накаливания *13*. В системе имеется устройство встроенного диагностирования, контрольная лампа в щитке приборов и диагностический разъем (колодка). Неисправности системы закодированы и находятся в памяти электронного блока. По значениям кода можно определить вид неисправности и ее местонахождение.

Система управления дизелем имеет устройство встроенного диагностирования, индикатором которой является диагностическая лампа. При появлении неисправности в системе диагностическая лампа начинает периодически включаться. Чтобы определить конкретную неисправность, подключают сканер или мотор-тестер и на его экране фиксируется неисправность и возможная ее причина.

6.2. ЭЛЕКТРОННЫЕ БЛОКИ УПРАВЛЕНИЯ

Электронные блоки САУ ЭПХХ представляют собой печатную плату с электронными компонентами, вставленную в пластмассовый корпус. На рис. 6.5 представлена конструкция электронного блока САУ ЭПХХ грузовых автомобилей. Монтаж его схемы выполнен на печатной плате 3. Для охлаждения силового транзистора *VT7* к нему прижата пластина 1 — теплоотвод. Плата расположена внутри корпуса 2 из полипропилена в специальных направляющих пазах. Штекерная колодка выполнена как единое целое с крышкой блока. Крышка 4 блока прикреплена к корпусу двумя шурупами. Блок крепится к автомобилю за два пластмассовых ушка, выполненных вместе с корпусом.

На рис. 6.6 показана конструкция неразборного электромагнитного клапана системы. Запорное кольцо 1 перекрывает топливоподачу при подаче напряжения на катушку электромагнита клапана.

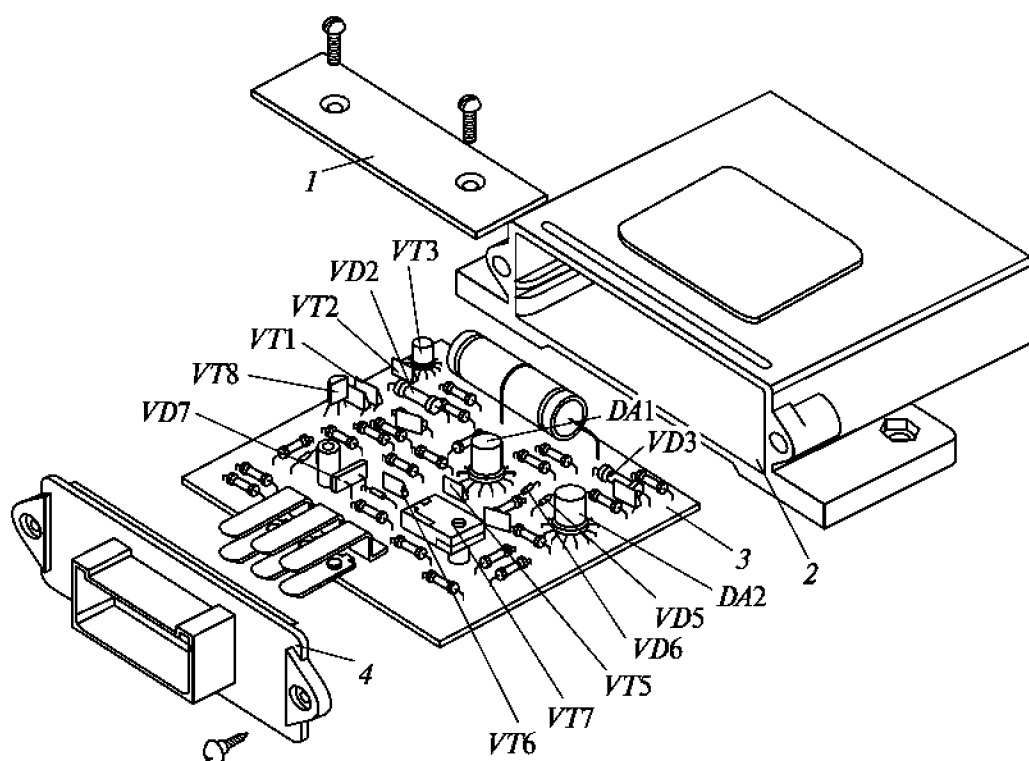


Рис. 6.5. Конструктивное исполнение электронного блока системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода грузовых автомобилей:

1 — теплоотвод; 2 — корпус; 3 — печатная плата; 4 — передняя крышка блока

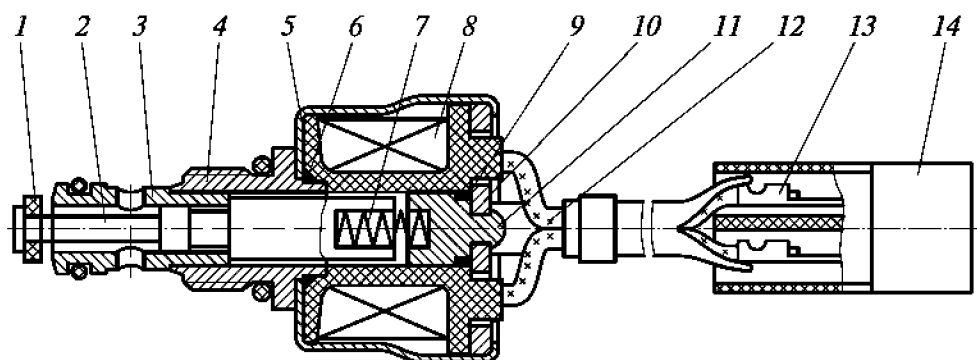


Рис. 6.6. Электромагнитный клапан, перекрывающий подачу топлива в системе автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода грузовых автомобилей с ограничением частоты вращения двигателя:

1 — запорное кольцо; 2 — якорь; 3 — седло; 4 — корпус; 5 — кожух; 6, 9 — уплотнительные кольца; 7 — пружина; 8 — катушка электромагнита; 10 — крышка; 11 — упор; 12 — вывод; 13 — штекер; 14 — колодка

Для различных двигателей и автомобилей применяются различные электронные блоки ЭПХХ (табл. 6.1).

Системы впрыскивания топлива подразделяются на механические, электронные, аналоговые и цифровые. Структурные схемы систем впрыскивания топлива в основном стабилизировались и имеют датчики, электронный блок управления, электромагнитные форсунки, электробензонасос, регулятор воздуха и др.

Различают распределенное впрыскивание топлива в зону впускных клапанов каждого цилиндра группами форсунок без согласования момента впрыскивания с процессами впуска каждого цилиндра (несогласованное впрыскивание) и согласованное (фазное), когда каждой форсункой впрыскивается топливо в определенный момент времени открытия соответствующих впускных клапанов цилиндров.

При центральном впрыскивании топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода. Существенных изменений в конструкции двигателя нет. Система центрального впрыскивания практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на двигателях, находящихся в эксплуатации. При центральном впрыскивании обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива. Система особенно эффективна в отношении повышения топливной экономичности в сочетании с цифровой системой зажигания. Конструкция данной системы существенно проще по сравнению с системой распределенного впрыскивания.

Таблица 6.1. Технические характеристики электронных блоков САУ ЭПХХ номинального напряжения 12 В и области их применения						
Тип блока САУ ЭПХХ	Частота сигнала, Гц		Масса, кг	Изготовитель		Область применения
	отключения клапана	включения клапана				
025.3761-02	40,0±2,0	53,0±6,36	0,042	АОЗТ «СОАТЭ»		ГАЗ «Волга», «ГАЗель»
1412.3733	53,0±6,36	40,0±2,0	0,08	АО «АТЭ-1»		ГАЗ-24; ИЖ-2151, -2715
1422.3733	47,0±5,64	35,0±1,75	0,08			УАЗ
25.3761	50,0±1,5	38,0±1,5	0,06	ОАО «Автоэлектроника»		ВАЗ-2104, -2105, -2107, -2121 с карбюратором типа «Озон»
25.3761-01	53,0±6,36	40,0±2,0	0,06			ГАЗ с двигателем ЗМЗ-402
5003.3761	70,0±3,5	63,0±3,2	0,07			ВАЗ-2108, -09, -099
5013.3761	63,3±3,2	56,9±2,85	0,07			ВАЗ-2104, -2105, -2107 с карбюратором типа «Солекс»
502.3761	50,0±2,5	41,5±2,1	0,07			«Москвич-2141», -412

Системы распределенного впрыскивания топлива позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность пуска, ускорить прогрев и увеличить мощность двигателя. При распределенном впрыскивании топлива появляется возможность применения газодинамического наддува. Кроме того, шире возможности в создании различных конструкций впускного трубопровода. Однако у таких систем по сравнению с центральным впрыскиванием больше погрешность дозирования топлива на малых цикловых подачах. Идентичность составов горючей смеси по цилиндрам в большей степени зависит от неравномерности дозирования топлива форсунками, чем от конструкции впускной системы.

В электронных системах автоматического управления двигателем в настоящее время часто применяют адаптивное управление, которое является способом организации управления (регулирования) с применением принципа самокоррекции управляющих функций. Обычно это элементы самообучения и подстройки локальных контуров микропроцессорных систем управления двигателем.

Они применяются:

- для поддержания контролируемого параметра на определенном уровне (стабилизация состава смеси на стехиометрическом уровне с помощью датчика кислорода и т.д.);
- для ограничения максимальной или минимальной контролируемой величины (поддержание угла опережения зажигания вблизи детонационного сгорания);
- для обеспечения оптимального значения контролируемого параметра (экстремальные системы).

На элементной базе фирмы Siemens были спроектированы и освоены в производстве на НПО «АВТЭЛ» целый ряд контроллеров для МПСЗ и МПСУД. Использовался опыт фирм GM (США) и Bosch в проектировании контроллеров МПСУД ISFI-2S (GM) и Motronic (Bosch), которые адаптировались на автомобили ВАЗ и ГАЗ.

Конструкция электронного блока управления типа МИКАС-5.4 представляет собой литой радиатор с печатной платой с поверхностным монтажом электронных компонентов, к которой припаен разъем с 55 или 81 контактами. На радиаторе установлены выходные ключи электромагнитных топливных форсунок и выходные ключи системы зажигания. На печатной плате смонтированы микроЭВМ, внешняя память и микросхемы управления выходными ключами системы зажигания.

Таблица 6.2. Типы контроллеров микропроцессорных систем управления двигателем и области их применения

Наименование контроллера	Тип контроллера	Область применения	Изготовитель	Примечание
МИКАС-5.4	201.3763	ГАЗ-3102, -3110	АО «ЗэиМ-Лайн-Авто»	—
МИКАС-5.4	207.3763	ГАЗ-3102		—
МИКАС-5.4	209.3763	«ГАЗель»		—
МИКАС-5.4	2012.3763	То же		—
МИКАС-7.1	241.3763	ГАЗ-3102, -3110	НПО «АВТЭЛ», ОАО «Авто-электроника»	Взамен МИКАС-5.4 типа 201.3763
МИКАС-7.1	243.3763	«ГАЗель»		Взамен МИКАС-5.4 типа 209.3863
Январь-5.1	261.3763	ВАЗ-2110		Аналог М1.54 Bosch (ФРГ)

В табл. 6.2. приведены некоторые технические характеристики контроллеров микропроцессорных систем управления, выпускаемых отечественными производителями НПО «АВТЭЛ» и АО «ЗэиМ-Лайн-Авто» и области их применения.

Эти конструкции контроллеров и МПСУД создавались последовательно, сначала на базе системы управления фирмы GM, затем на базе системы Motronic фирмы Bosch, для выполнения отечественными автомобилями европейских норм по токсичности отработавших газов. Законы управления, заложенные в ППЗУ контроллеров определялись автозаводами и корректировались по результатам эксплуатации.

В комплектацию систем управления кроме контроллера и датчиков входят исполнительные механизмы (звездочкой обозначена комплектация фирмы Bosch):

- регулятор холостого хода двигателя — PXX-60, 0 280 140 545*;
- электробензонасос — 18.3780, 50.1139, 0 580 464 044*;
- топливный фильтр — 0 450 905 200*;
- форсунка электромагнитная 0 280 150 711* или Siemens Deka 1A ZMZ;
- регулятор давления топлива — 406.1160000-01, 0 280 160 258*.

Таблица 6.3. Технические характеристики микропроцессорных блоков управления дизелями				
Показатель	Тип блока управления (год выпуска)			
	MSA6 (1989 г.)	VSA11 (1993 г.)	EDC15 (1997 г.)	EDC16 (2001 г.)
Разрядность процессора	8	16	16	32
Быстродействие, млн операций в секунду	Менее 1	1	4	40
Объем памяти, Кбайт	33	64	256	1500
Количество штырьков разъема	55	55	121	154

Микропроцессорные системы управления двигателем обеспечивают выполнение перспективных требований по токсичности отработавших газов и экономичности двигателей, когда необходимо не только точное регулирование угла опережения зажигания и топливоподачи, но и оптимальное выделение энергии, запасаемой в катушке зажигания, с определенной продолжительностью.

В табл. 6.3 представлены отдельные технические характеристики микропроцессорных блоков управления дизелями фирмы Bosch.

6.3.

ДАТЧИКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Как отмечалось, МПСУД получают информацию от датчиков о состоянии двигателя, режиме движения автомобиля, температуре охлаждающей жидкости, открытии дроссельной заслонки и т. д.

Потенциометрические датчики обычно контактного типа, их применяют для определения положения дроссельной заслонки. Основой потенциометрического датчика является пленочный резистор с несколькими контактными дорожками, с которыми контактируют упругие токосъемные элементы. Токосъемные элементы связаны с осью датчика и перемещаются вместе с ней. В результате токосъемные элементы обеспечивают получение сигналов об ускорении (при резком открытии дроссельной заслонки) или холостом ходе двигателя в зависимости от положения дроссельной заслонки.

Основные требования к датчику положения дроссельной заслонки: высокая долговечность и стабильность работы при отсутствии дрейбужания контактов. Эти требования выполняются при подборе износостойких материалов дорожек и контактных площадок токосъемных элементов.

Недостатки электромеханических датчиков контактного типа отсутствуют в бесконтактных датчиках, в частности в оптоэлектронных датчиках с кодирующим диском. Разрешающая способность такого датчика может быть меньше 1° за счет применения прецизионных кодирующих дисков и оптических или фотоэлектрических устройств. Кодирующий диск имеет прорези или прозрачные площадки. По разным сторонам диска установлены источники света и фоточувствительные элементы (обычно фотодиоды). При вращении диска свет попадает на определенную комбинацию фотодиодов (фотоэлементов), что позволяет однозначно определять угол поворота диска. Однако такие датчики применяются очень редко из-за возможности их загрязнения.

Индуктивные датчики перемещения применяют для измерения угловой скорости перемещения (частоты вращения) коленчатого или распределительного вала. Они предназначены также для определения ВМТ первого цилиндра или другой специальной метки, служащей началом отсчета для системы управления, чем обеспечивается синхронизация функционирования системы управления с рабочим процессом двигателя.

Индукционная катушка датчика размещена вокруг постоянного магнита, полюс которого со стороны, обращенной к объекту вращения, например, к зубчатому венцу маховика, имеет магнитопровод из магнитомягкого материала. Магнитопровод имеет небольшой зазор относительно зубьев вращающегося зубчатого венца маховика.

При перемещении зубьев относительно магнитопровода величина зазора между ними меняется. Это вызывает изменение магнитной индукции и появление двухполярного электрического импульса в индукционной катушке. Две пикообразных полуволны импульса расположены симметрично относительно оси, проходящей через нулевую точку, а нулевая точка соответствует центру каждого зуба, что позволяет с большой точностью определить их положение.

Амплитуда выходного сигнала датчика зависит от величины воздушного зазора между магнитопроводом и маркерным зубом, а также от скорости изменения магнитной индукции, зависящей от скорости перемещения зуба.

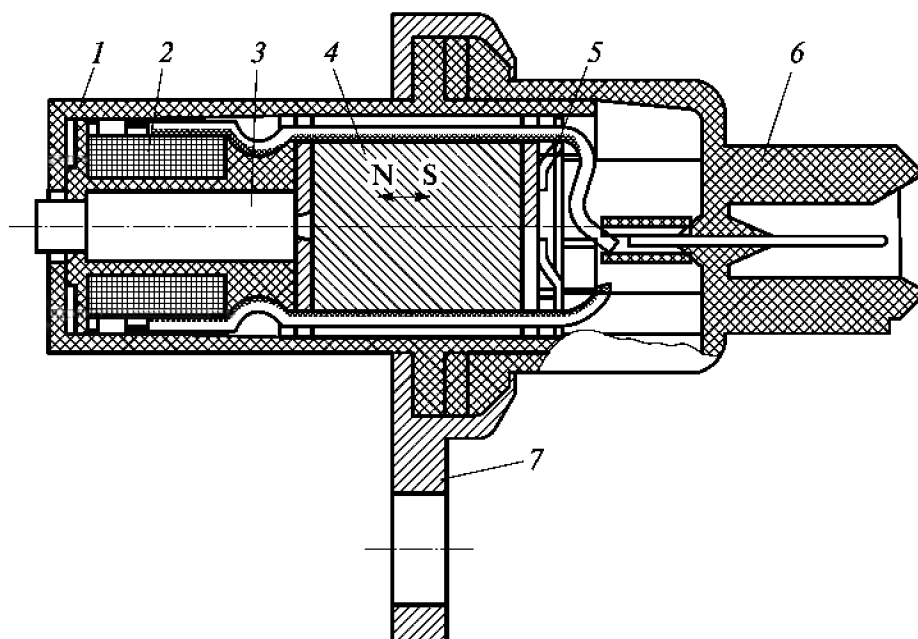


Рис. 6.7. Индуктивный датчик:

1 — корпус; 2 — индукционная катушка; 3 — магнитопровод; 4 — магнит из феррита бария; 5 — пружинное кольцо; 6 — крышка со штекерами; 7 — фланец

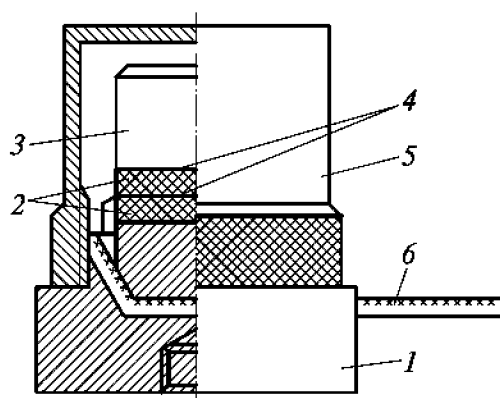


Рис. 6.8. Пьезоэлектрический вибродатчик детонации:

1 — основание; 2 — пьезоэлементы; 3 — инерционная масса; 4 — выводы из латунной фольги; 5 — крышка; 6 — кабель

Индуктивные датчики (рис. 6.7) относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автомобильных двигателей.

Датчики детонации отличаются большим разнообразием по конструкции и физическим принципам работы, так как существует множество признаков проявления детонации. Соответственно, датчики могут размещаться на двигателе в различных местах. Наиболее распространен способ определения детонации с помощью пьезоэлектрического вибродатчика (рис. 6.8), все элементы которого крепятся к основанию 1, выполненному из титанового спла-

ва. Пьезоэлектрический преобразователь состоит из двух включенных параллельно кварцевых пьезоэлементов. При возникновении детонации (вибрации) инерционная масса 3 воздействует на пьезоэлементы 2 с соответствующей частотой и усилием. В результате пьезоэффекта появляется переменный сигнал, который снимается с кварцевых пластин с помощью выводов из латунной фольги 4.

Расходомеры воздуха являются основными датчиками любой современной МПСУД, так как по массовому расходу воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, определяется цикловая подача топлива.

В расходомере воздуха, представленном на рис. 6.9, воздушный поток воздействует на заслонку 5, закрепленную на оси в специальном канале. Поворот заслонки преобразуется потенциометром в напряжение, пропорциональное расходу воздуха.

Подвижных деталей не имеют измерители расхода воздуха ионизационного, ультразвукового, вихревого и термоанемометрического типов.

Термоанемометрический измеритель расхода воздуха для системы впрыскивания топлива представляет собой автономный блок, устанавливаемый во впускной тракт двигателя. Наиболее от-

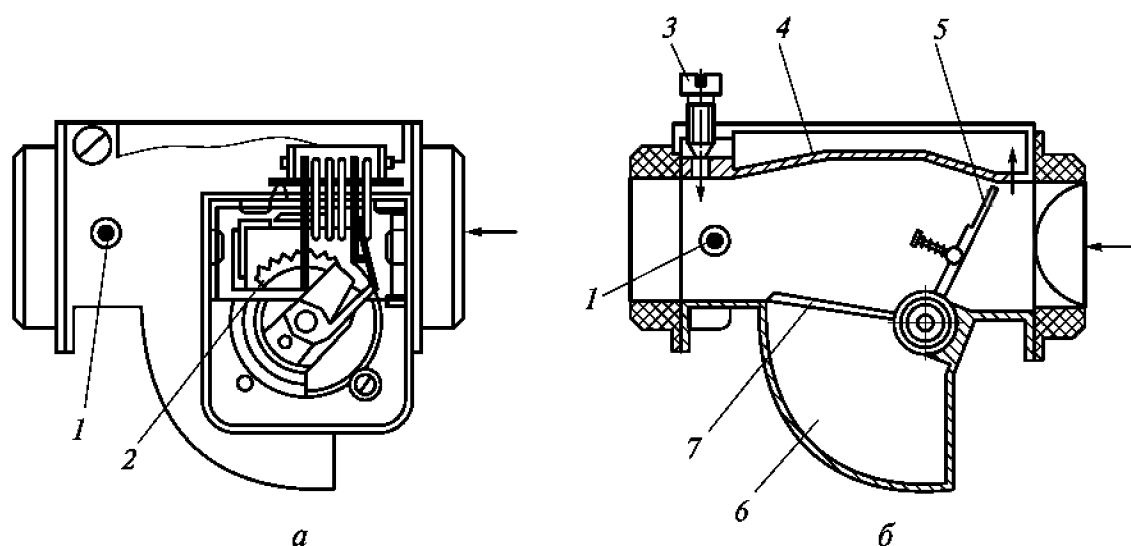


Рис. 6.9. Измеритель расхода воздуха с датчиком температуры всасываемого воздуха:

а — вид датчика положения измерительной заслонки; *б* — вид внутренней полости измерителя расхода воздуха; 1 — датчик температуры; 2 — потенциометр; 3 — винт качества (состава) смеси в режиме холостого хода; 4 — обводной канал; 5 — измерительная заслонка; 6 — демпферная камера; 7 — пластина демпфера

ветственной частью термоанемометра является внутренний измерительный канал 1 (рис. 6.10), состоящий из пластмассовых обойм, которые окружают несущие кольца нагреваемой платиновой нити 4 диаметром 100 мкм и термокомпенсационного пленочного резистора 3. Корпус 6 имеет камеру для размещения электронного блока, который поддерживает постоянным перегрев нити относительно потока на уровне 150 °С путем регулирования силы тока измерительного моста. Выходным параметром измерителя расхода воздуха служит падение напряжения на прецизионном резисторе 2. На входе и выходе основного канала измерителя расхода воздуха установлены защитные сетки 5, которые одновременно выполняют функции стабилизирующих элементов.

На рис. 6.11 показан автомобильный термоанемометрический измеритель расхода воздуха с пленочным чувствительным элементом на твердых керамических подложках. Основой конструкции является чувствительный элемент 5, включающий измерительный и термокомпенсационный резисторы. Пластмассовая рамка с чув-

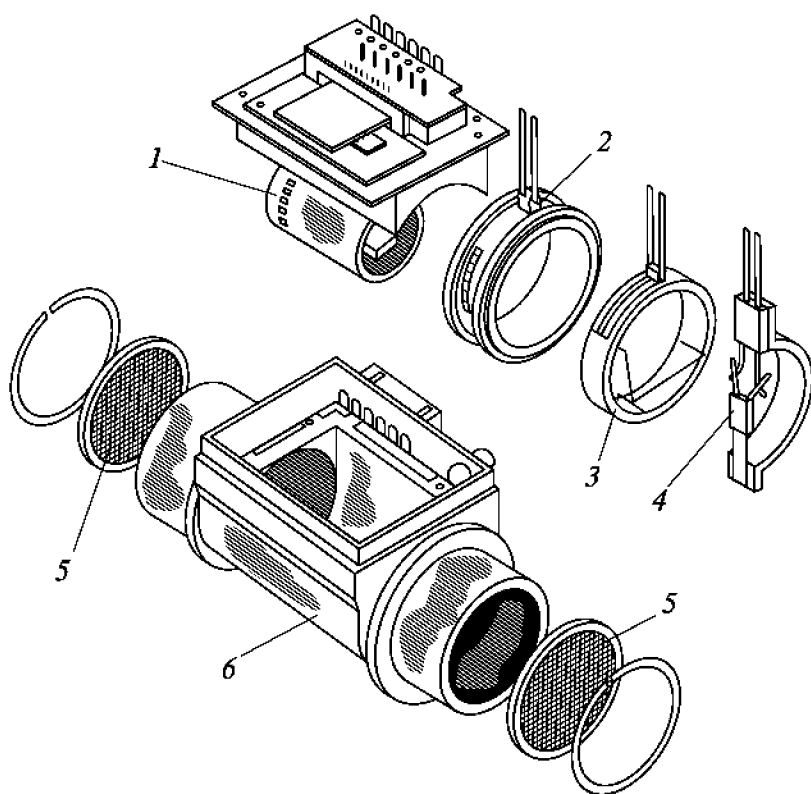


Рис. 6.10. Термоанемометрический расходомер:

- 1 — внутренний измерительный канал; 2 — прецизионный резистор;
- 3 — термокомпенсационный элемент; 4 — измерительный элемент;
- 5 — стабилизирующие сетки; 6 — пластмассовый корпус

Рис. 6.11. Термоанемометрический расходомер с пленочным чувствительным элементом:

1 — корпус; 2 — датчик температуры воздуха; 3 — стабилизирующая решетка; 4 — внутренний измерительный патрубок; 5 — чувствительный элемент; 6 — электронная схема

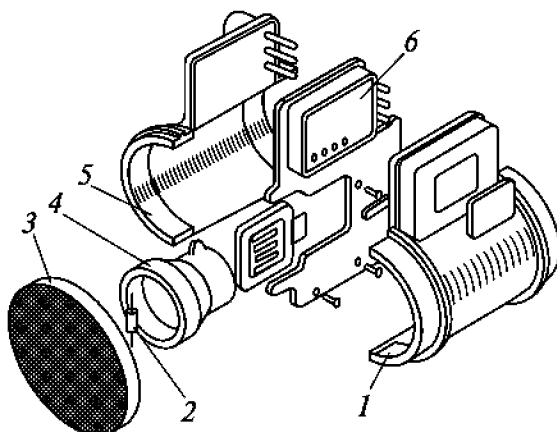
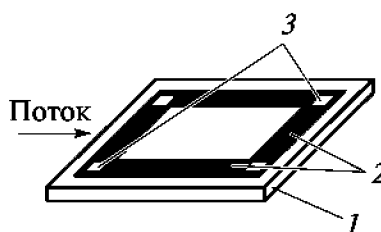


Рис. 6.12. Чувствительный элемент теплового расходомера топлива:

1 — пластина; 2 — нагревательный элемент; 3 — терморезисторы



ствительным элементом размещается в измерительном патрубке 4 датчика расхода воздуха. Температура перегрева измерительного терморезистора 2 не более 70°C . Она поддерживается с помощью электронной схемы управления.

Термоанемометр на основе металлополимерных чувствительных элементов имеет рабочую решетку из металлополимерного чувствительного элемента, изготовляемого из фольги методом фотолитографии. Чувствительный элемент содержит измерительный и термокомпенсационный резисторы.

Расходомеры топлива на автомобиле необходимы как для бортовых систем контроля, так и для адаптивных систем управления двигателем.

В электромеханических измерителях расхода топлива турбинного типа (тахометрических) считывающим элементом при определении частоты вращения турбин является светодиод инфракрасного излучения и фоторезистор. В расходомере предусмотрены демпфирующее устройство для гашения пульсаций потока, система для удаления воздушных пробок из потока топлива, а также система термокомпенсации.

В одном из вариантов теплового расходомера (рис. 6.12) датчик представляет собой четыре терморезистора 3, соединенных в мостовую схему и размещенных по периферии на тонкой квадратной пластине 1. Поток жидкости омывает терморезисторы и в

большей степени охлаждает те из них, которые расположены перпендикулярно потоку. В диагонали моста возникает разностный сигнал, фиксирующий расход топлива.

В системах впрыскивания бензина следует учитывать количество топлива, поступающего от форсунок или стабилизатора давления обратно в бак и компенсировать влияние пульсаций потока топлива и вибрации двигателя на показания измерителей расхода топлива.

Датчики температуры широко используются в автомобильных системах контроля и управления на базе полупроводниковых терморезисторов. Они размещаются в металлическом корпусе, имеющем разъем для включения датчика в измерительную цепь.

Интегральные датчики температуры — это наиболее совершенные типы датчиков температуры, обладающие высокой стабильностью и малыми технологическим разбросом номинального сопротивления, высокой технологичностью, малой инерционностью и простотой конструкции. Датчики представляют собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с периферийными схемами (усилители и т.д.). Выходным сигналом датчика является напряжение.

В датчиках на основе термочувствительных ферритов и конденсаторов используются зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости от температуры. Однако из-за сложности конструкции они нетехнологичны.

По разным причинам на автомобилях пока не находят применение термоэлектрические датчики, датчики на основе кварцевых резонаторов и многие другие. Технические характеристики основных датчиков МПСУД приведены в табл. 6.4.

Датчики кислорода (λ -зонды) предназначены для определения стехиометрического состава смеси по парциальному давлению кислорода в ОГ двигателя. Известны два типа датчиков кислорода. В одном из них чувствительным элементом выступает диоксид циркония ZrO_2 , во втором — диоксид титана TiO_2 . Оба типа датчиков реагируют на парциальное давление кислорода.

Циркониевый датчик (рис. 6.13) имеет два электрода (внешний и внутренний) активного элемента диоксида циркония. Оба электрода выполнены из пористой платины или ее сплава и разделены слоем твердого электролита. Электролитом является диоксид циркония ZrO_2 с добавлением оксида иттрия Y_2O_3 для повышения ионной проводимости электролита. Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода.

Внешний электрод омывается потоком отработавших газов в выпускной системе двигателя с переменным парциальным давле-

Таблица 6.4. Технические характеристики датчиков микропроцессорных систем управления бензиновыми двигателями и дизелями и области их применения						
Наименование датчика	Типы дат- чика	Назначение	Напряже- ние пита- ния, В	Масса, кг	Область применения	Изготовитель
Датчик абсолютного давления	45.3829	Выдача напряжения, пропорционального изменению давления	5	0,005	Двигатели ЗМЗ-4061.10 с контроллером типа 209.3763	ОАО «Авто-электроника»
Датчик положения фаз	21.3847 11.3847 1112.3855 14.3855	Определение углового положения распреде- лительного вала	6,3 ... 24	0,08	ВАЗ с системой впрыскивания и БСЗ	
			4,5 ... 24	0,08 0,08 0,012 0,08		
Датчик положения дроссельной заслонки	АПЗД-01	Информация об угле- вом положении дрос- сельной заслонки	5+0,1	—	ГАЗ-3111, «ГАЗель»	
Датчик положения рейки	ДПР	Извещение о положе- нии рейки подачи то- плива	5±0,25	0,065	ГАЗ, «ГАЗель»	ОАО «Кон- такт»
Датчик детонации	GT305	Информация о начале детонации	—	0,06	ВАЗ-2110, ГАЗ-3111	ФГУП «УЭМЗ»

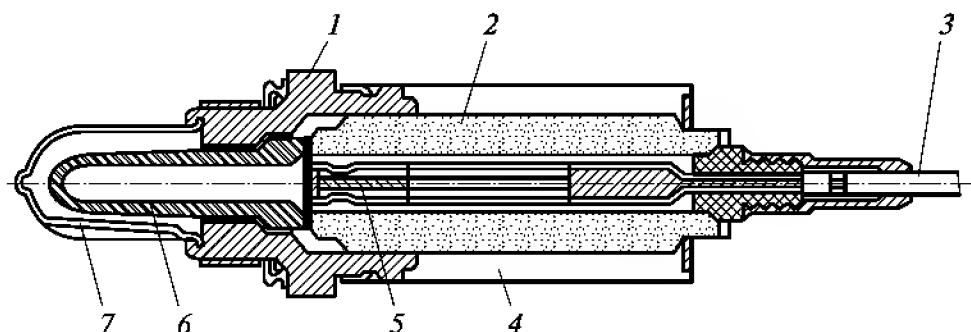


Рис. 6.13. Циркониевый датчик кислорода:

1 — металлический корпус; 2 — уплотнение; 3 — соединительный кабель; 4 — кожух; 5 — контактный стержень; 6 — активный элемент из диоксида циркония; 7 — защитный колпачок с прорезями

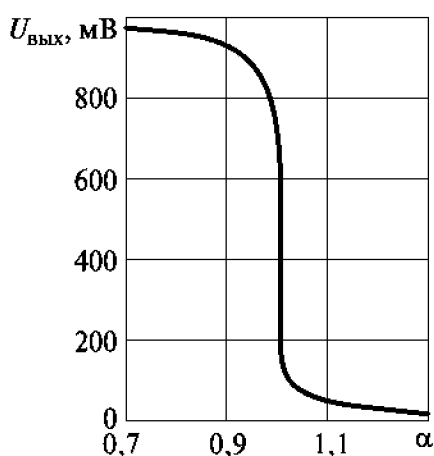


Рис. 6.14. Характеристика датчика кислорода:

$U_{\text{вых}}$ — напряжение на выходе измерительного элемента; α — коэффициент избытка воздуха

нием кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной горючей смеси (коэффициент избытка воздуха в смеси $\alpha < 1$), датчик, как гальванический элемент, генерирует высокое напряжение (700 ... 1 000 мВ). При переходе на обедненную смесь ($\alpha < 1$) парциальное давление кислорода в отработавших газах заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика до 50 ... 100 мВ (рис. 6.14). Резкое падение напряжения датчика при переходе от богатых к бедным смесям позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более $\pm 0,5\%$.

Принцип работы датчика кислорода на основе диоксида титана TiO_2 основан на изменении электропроводности при изменении парциального давления кислорода в выхлопной системе.

6.4. ТОПЛИВОПОДАЮЩИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

К исполнительным устройствам бензиновых двигателей относятся:

- электрический бензонасос;
- электромагнитная форсунка для впрыскивания топлива;
- регулятор холостого хода;
- продувочный клапан с угольным абсорбером;
- реле насоса;
- моноблок или катушки зажигания (в случае размещения выходных каскадов системы зажигания в контроллере).

К исполнительным механизмам дизелей относятся:

- электромагнитный клапан регулятора рециркуляции отработавших газов;
- электромагнитный клапан регулятора наддува;
- электрогидравлическая форсунка впрыскивания топлива или электрогидравлическая форсунка с пьезоприводом;
- электропривод шарикового клапана насос-форсунки;
- шаговый электродвигатель, перемещающий рейку насоса высокого давления для регулирования угла опережения впрыскивания топлива.

Электромагнитные форсунки предназначены для дозирования цикловой подачи бензина в зону всасывающих клапанов или непосредственно в цилиндр двигателя.

Работа электромагнитной форсунки связана с протекающими одновременно гидравлическими, механическими, электромагнитными и электрическими процессами, поэтому она является одним из наиболее ответственных элементов в системе впрыскивания топлива бензиновых двигателей.

Электромагнитные форсунки открываются автоматически по сигналу контроллера и осуществляют дозирование и распыливание топлива. Обычно форсунки разрабатываются для каждой мо-

дели автомобиля и двигателя, они постоянно совершенствуются, поэтому можно отметить большое разнообразие их конструкций.

Электромагнитные форсунки работают в импульсном режиме при частоте срабатывания от 10 до 200 Гц в условиях вибрации двигателя, повышенных температур и при этом должны обеспечивать линейность характеристики дозирования топлива в пределах 2...5 % на протяжении всего срока службы (примерно 600 млн циклов срабатывания).

Сигнал на начало впрыскивания топлива подается на обмотку 1 (рис. 6.15) электромагнита, размещенную в металлическом корпусе. В корпусе расположен также запирающий элемент 3 клапана, прижимаемый к седлу пружиной 5. Когда на обмотку электромагнита от электронного блока управления подается электрический импульс прямоугольной формы определенной длительности, запирающий элемент перемещается, преодолевая сопротивление пружины, и открывает отверстие распылителя. Топливо поступает в двигатель. После прекращения электрического сигнала запирающий элемент под действием пружины возвращается в седло. Количество впрыскиваемого топлива за цикл при постоянстве давления на входе в форсунку зависит только от длительности управляющего импульса.

В реальной форсунке время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса. После подачи управляющего электрического импульса на форсунку в обмотке электромагнита возникает ток самоиндукции, препятствующий нарастанию магнитного потока в системе. Открытие клапана происходит с задержкой по времени (рис. 6.16). При прекращении подачи управляющего импульса в результате самоиндукции сохраня-

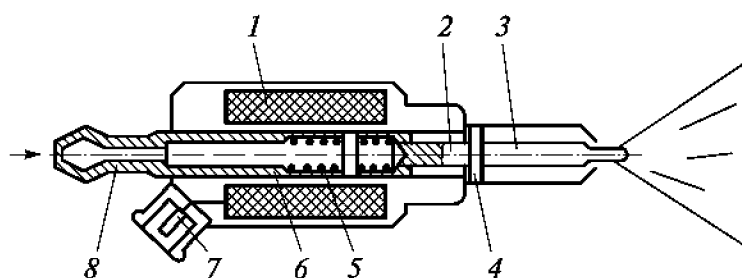


Рис. 6.15. Электромагнитная форсунка для впрыскивания топлива:

- 1 — обмотка электромагнита; 2 — якорь; 3 — запирающий элемент;
- 4 — упор; 5 — пружина; 6 — магнитопровод; 7 — выходные контакты;
- 8 — штуцер для топлива

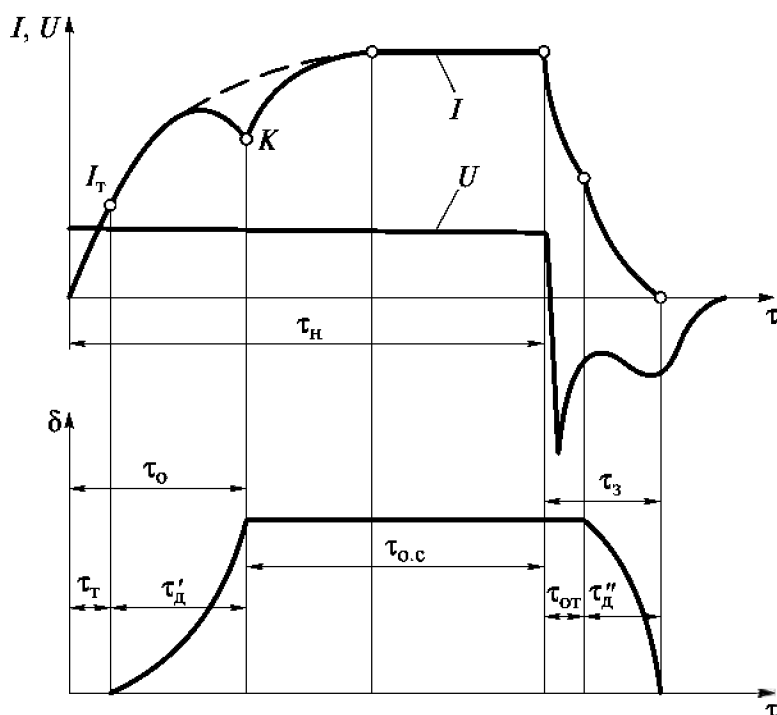


Рис. 6.16. Диаграммы изменения электрических и механических параметров электромагнитной форсунки:

τ_o — фаза открытия клапана; τ_t , τ'_d — периоды трогания с места и движения запирающего элемента при открытии клапана; $\tau_{o.c}$ — фаза открытого состояния форсунки; τ_z — фаза закрытия клапана; $\tau_{от}$, τ''_d — периоды отпущания и движения запирающего элемента; δ — рабочий ход запирающего элемента; τ_n — длительность управляющего электрического импульса; I , U — сила тока и напряжения в обмотке электромагнита; K — точка полного открытия иглы форсунки; I_t — сила тока трогания иглы клапана

ющий магнитный поток будет препятствовать быстрому отпущанию запирающего элемента.

Повысить быстродействие электромагнитной форсунки можно за счет уменьшения числа витков обмотки электромагнита и ее индуктивности. Однако при этом уменьшается сопротивление обмотки и увеличивается сила потребляемого ей тока. Для ограничения силы тока последовательно с обмоткой включают резистор.

В электромагнитных форсунках применены три вида запирающих элементов клапана: плоский (дисковый), конусный (штифтовой) и сферический (шариковый).

Плоский запирающий элемент 3 (рис. 6.17, а) форсунки выполнен из магнитомягкой стали; в центральной части имеется стальная вставка, которая предотвращает появление кольцевой выработки в месте посадки запирающего элемента на седло клапана. Рабочий ход запирающего элемента составляет 0,15 мм и ограни-

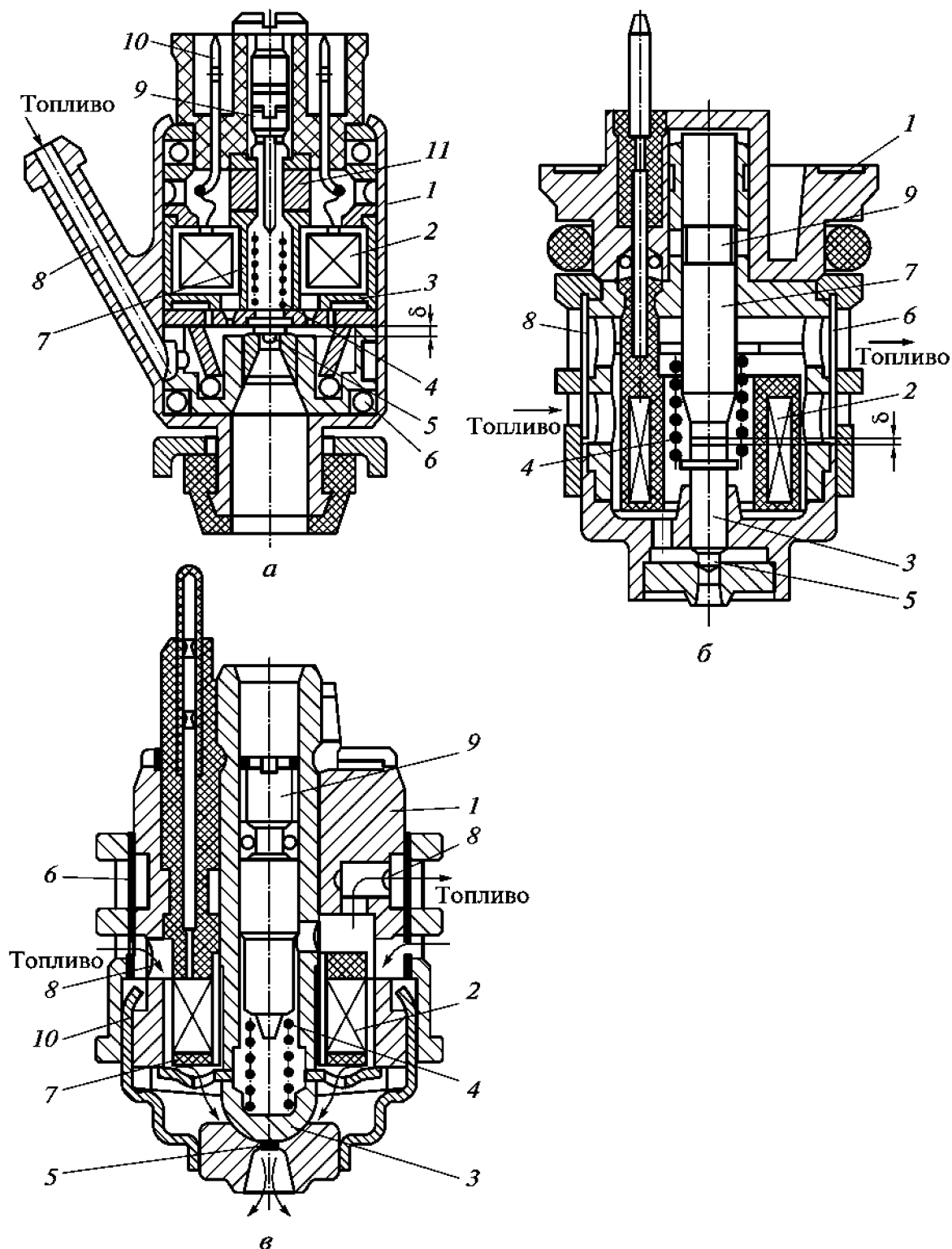


Рис. 6.17. Электромагнитные форсунки с плоским [а], конусным [б] и сферическим [в] запирающими элементами:

1 — корпус; 2 — обмотка электромагнита; 3 — запирающий элемент; 4 — пружина; 5 — жиклер клапана; 6 — топливный фильтр; 7 — сердечник электромагнита; 8 — топливные каналы; 9 — регулировочный винт; 10 — электрические контакты; 11 — магнитная вставка; δ — рабочий ход запирающего элемента

чивается специальным дистанционным кольцом. В форсунке применена поляризованная электромагнитная система, которая кроме обмотки электромагнита включает кольцевую вставку 11 из магнитотвердого сплава, создающего поляризующий магнитный поток. При этом появилась возможность увеличить усилие пружины 4, что повысило герметичность клапана. Усилие пружины может регулироваться специальным винтом 9, закрытым пробкой. Внутри форсунки размещен топливный фильтр 6 в виде кольца из порошкового материала, так как при попадании загрязнений (частиц размером более 30...40 мкм) клапан форсунки может потерять герметичность.

Форсунки с конусным запирающим элементом (рис. 6.17, б) получили наибольшее распространение. Они имеют нижний подвод топлива, обеспечивающий его постоянную циркуляцию, лучшее охлаждение электромагнитной системы и лучшие условия для отвода пузырьков газа.

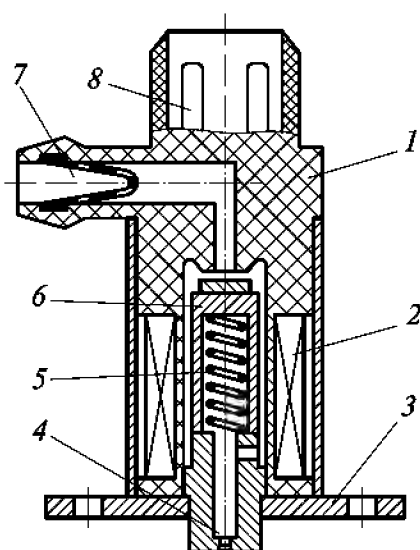
Достоинство сферического запирающего элемента в форсунке, представленной на рис. 6.17, в, состоит в том, что сферические элементы обладают хорошими герметизирующими свойствами и способностью к центрированию в седле клапана.

Форсунки для распределенного и центрального впрыскивания отличаются по размерам, способу крепления на двигателе, способу подвода топлива и по сопротивлению обмоток электромагнита.

Дополнительная пусковая форсунка (рис. 6.18) отличается по конструкции от рабочих. Обычно она состоит из корпуса с фланцем крепления 3, в который завальцован пластмассовый каркас 1 обмотки 2 электромагнита. Запирающий элемент 6 клапана явля-

Рис. 6.18. Пусковая форсунка:

1 — пластмассовый каркас; 2 — обмотка электромагнита; 3 — фланец крепления форсунки; 4 — распылитель; 5 — пружина; 6 — запирающий элемент; 7 — топливоподводящий штуцер с фильтрующим элементом; 8 — электрические контакты



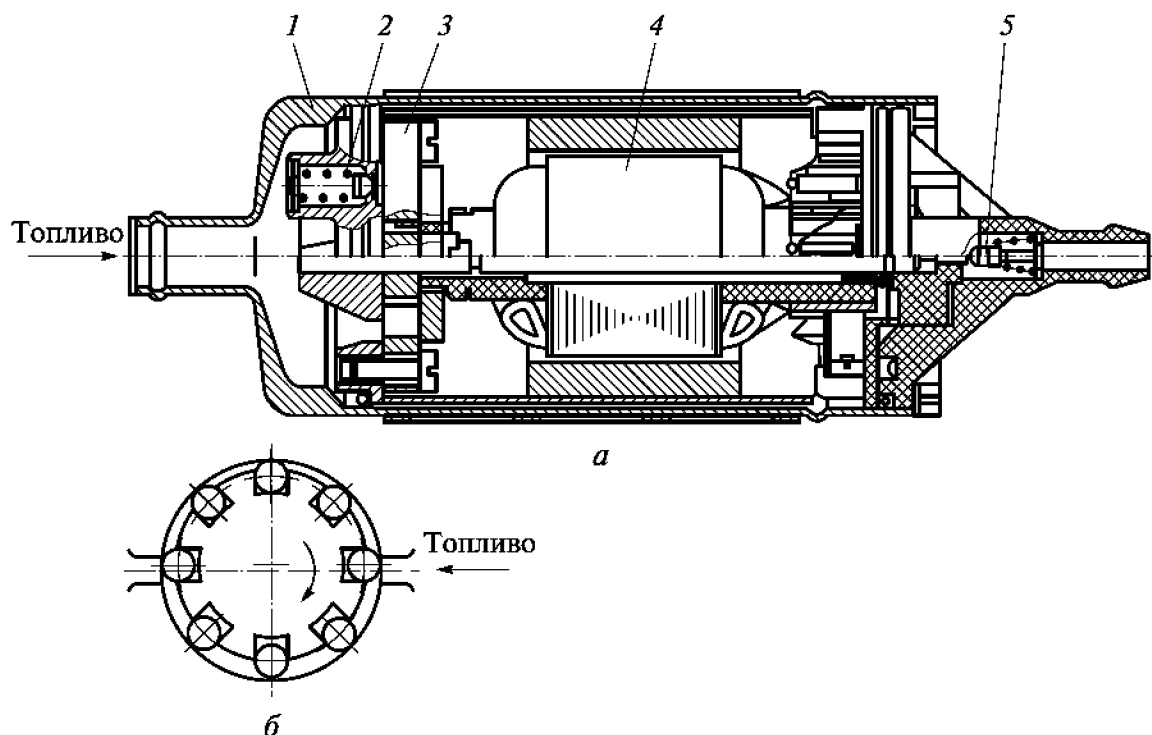


Рис. 6.19. Электрический топливный насос:

а — продольный разрез насоса; *б* — схема действия; 1 — корпус насоса; 2 — предохранительный клапан; 3 — роликовый насос; 4 — электродвигатель; 5 — обратный клапан

ется якорем электромагнита. В нижней части корпуса расположен центробежный распылитель. При подаче топлива пусковая форсунка постоянно находится в открытом состоянии.

Для подачи топлива к форсункам в системах впрыскивания топлива используются электрические топливные насосы. В основном используются насосы роторного типа (рис. 6.19), которые устанавливаются как вне, так и внутри топливного бака. При внешней установке насос представляет собой автономный агрегат, объединяющий насос и электродвигатель в одном корпусе.

При размещении в баке насос представляет собой единый агрегат, включающий в себя собственно насос, топливопроводы, демпфирующее устройство, фильтр, провода электропитания и т. д.

На рис. 6.20 представлен регулятор холостого хода с приводным шаговым электродвигателем, который имеет четыре обмотки управления. Обмотки размещены на статоре. В продольных пазах ротора установлены постоянные магниты с чередующимся расположением полюсов. Управление двигателем осуществляется с помощью электрических импульсов различной полярности, подаваемых на обмотки 1, 2 в определенной последовательности.

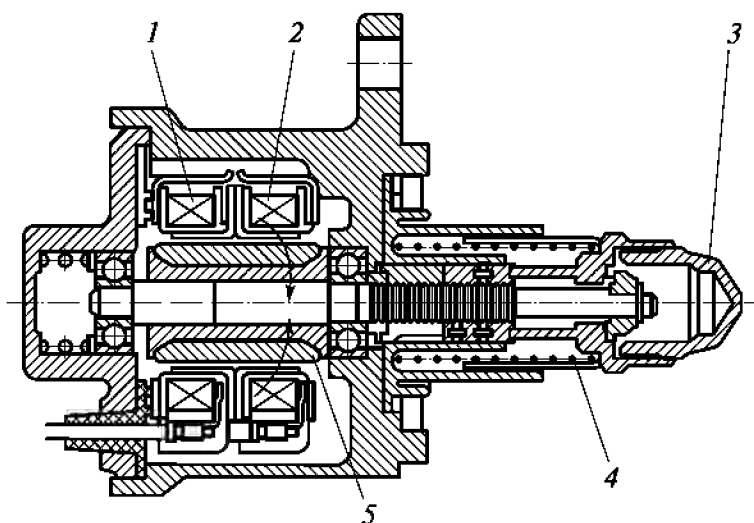


Рис. 6.20. Регулятор холостого хода с шаговым электродвигателем:

1, 2 — обмотки шагового электродвигателя; 3 — дросселирующий элемент; 4 — пружина, 5 — ротор шагового электродвигателя

Малогабаритные электродвигатели постоянного тока используются для регулирования расхода воздуха в режиме холостого хода путем перемещения дроссельной заслонки. Вал электродвигателя через редуктор связан с цилиндрическим толкателем, который непосредственно воздействует на подпружиненный рычаг заслонки.

В дизелях для дозирования впрыскиваемого топлива применяются электрогидравлические форсунки, а также форсунки с пьезоприводом.

Электрогидравлические форсунки дизелей представляют собой основной элемент микропроцессорных систем управления подачей топлива и позволяют оптимизировать рабочий процесс в камере сгорания дизеля по расходам топлива и ограничению вредных выбросов в отработавших газах. Для получения такого эффекта электрогидравлическая форсунка обладает повышенным быстродействием и низким потреблением электроэнергии, что обеспечивается положительной обратной связью между нагнетательной, управляющей и сливной топливных камер форсунки.

В основе пьезопривода топливной форсунки дизельного двигателя лежит электрострикционный (пьезоэлектрический) эффект, связанный с возникновением механической деформации элемента материала при приложении к нему электрического поля. Расширение или сжатие элемента зависит от полярности заряда. Конструкция форсунки с пьезоприводом (рис. 6.21) представляет собой корпус с распылителем, который запирается иглой. Между иглой, прижатой пружиной, поршнем, рычажным механизмом и пьезопри-

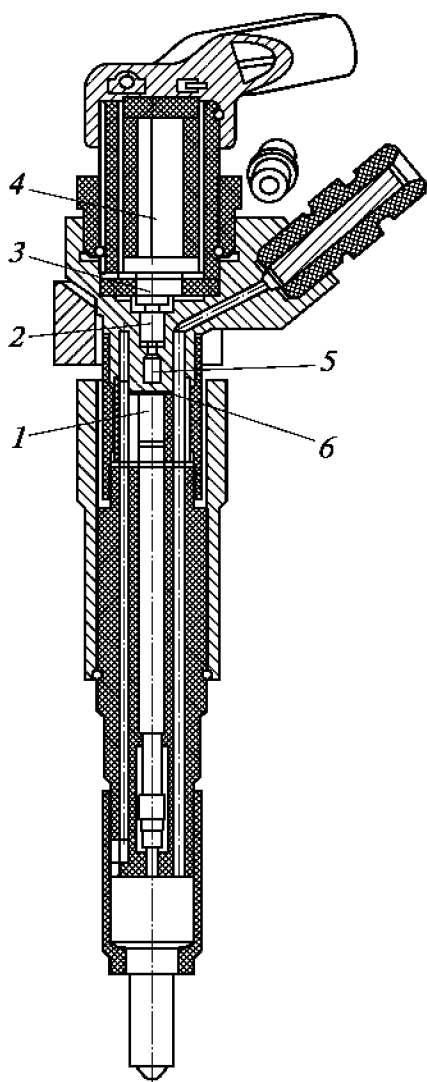


Рис. 6.21. Электрогидравлическая форсунка фирмы Siemens с однозатворным пьезоэлектрическим управляющим клапаном:

1 — поршень; 2 — толкатель; 3 — рычажный механизм; 4 — пьезопровод (350 слоев пьезопластинок); 5 — клапан; 6 — управляющая камера

водом находится перепускной клапан. Пьезопровод изменяет свои геометрические размеры в зависимости от полярности управляющего импульса тока. Его расширение или сжатие соединительным модулем, который является термокомпенсирующим элементом, передает усилие на закрытие или открытие распылителя форсунки. Пьезопровод имеет квадратное сечение 7×7 мм, высоту 30 мм и состоит из 350 слоев напыленных пьезопластинок, изолированных друг от друга.

Использование в топливных форсунках пьезопровода в аккумуляторных топливных системах дизелей позволило увеличить быстродействие по сравнению

с электрогидравлическим приводом в 2 раза, точность перемещений на 50...70 % (что важно для дозирующей топливной аппаратуры), снизило число подвижных частей привода с четырех до одной. Применение пьезопровода уменьшило на 3 дБ шумность форсунки и повысило КПД системы на 5...7 %. Пьезопровод развивает большие силы до 6,3 кН, что позволяет применять его в системах при давлениях топлива в аккумуляторе до 150 МПа. Пьезопровод обладает свойством реверсивности, что позволяет с его помощью обеспечивать максимальную гибкость и точность управления моментом начала и конца впрыскивания топлива в камеру сгорания, а также возможность дозирования минимальных подач, следовательно, осуществлять «дробное» впрыскивание. Последнее обстоятельство очень важно для снижения токсичности отработавших газов дизелей.

К недостаткам пьезопровода относится необходимость компенсации температурных деформаций, что заставляет корпус форсун-

ки выполнять из металла со схожим с пьезокерамикой коэффициентом расширения или вводить в конструкцию привода термокомпенсационный материал.

В качестве электромагнитных клапанов в насос-форсунках и ТВНД применяются электромагниты, встроенные в клапаны, например, для слива топлива.

6.5. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Как отмечалось ранее, системы управления бензиновым и дизельным двигателями имеют устройство встроенного диагностирования, индикатором которого является диагностическая лампа. При появлении неисправности в системе диагностическая лампа начинает периодически включаться. Чтобы определить конкретную неисправность, двигатель останавливают, переключают два вывода диагностической колодки, включают замок зажигания и по количеству вспышек диагностической лампы определяют неисправность и возможную ее причину.

Основные неисправности МПСУД диагностируют следующими тестерами и мотор-тестерами.

Тестер типа ДСТ 2 предназначен для проверки технического состояния автомобилей с электронной системой впрыска топлива фирм GM, Bosch и НПО «АВТЭЛ», позволяет диагностировать электронные блоки управления типа МИКАС-5.4, МИКАС-7.1, МИКАС-7.2, Январь-4, Январь-5.1, Январь-5.1.1, М1.5.4.N, МР 7.04 и ISFI-2S по сменным картриджам. Напряжение питания — бортовая сеть автомобиля, потребляемая мощность — 1,5 В·А, габаритные размеры — 95 × 100 × 48 мм, масса — 0,35 кг.

Диагностический тестер типа АСКАН-8 фирмы ООО «НПП ЭЛКАР» позволяет диагностировать электронные системы, устанавливаемые на автомобили ГАЗ, ВАЗ, УАЗ и ЗАЗ-ДЭУ. Тестер обеспечивает считывание параметров блоков управления в виде выходных сигналов и в нормализованном виде, также позволяет выводить на дисплей графики изменения анализируемого параметра в реальном масштабе времени, записывать в память тестера параметры двигателя с дискретностью 0,2 с, с последующим отображением их в цифровом и графическом виде. Тестер считывает коды неисправностей и содержащуюся в памяти блока управления информацию о комплектации системы управления и идентификации

Таблица 6.5. Основные неисправности микропроцессорных систем управления бензиновым двигателем, способы их диагностирования и устранения		
Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Двигатель не пускается</i>		
Неисправны свечи зажигания	Проверяют по величине зазора между электродами и по цвету теплового конуса	При необходимости меняют свечи зажигания
Неисправна электромагнитная форсунка	Проверяют сопротивление обмоток мультиметром или тестером (15,5... 16,0 Ом)	При необходимости меняют электромагнитную форсунку
Неисправен электрический бензонасос	Проверяют электрические цепи от «+» батареи до выводов реле насоса	Устраняют обнаруженные обрывы или меняют при необходимости насос и реле насоса
Неисправен один из датчиков системы управления	Проверяют сканером или мультиметром	При необходимости отказавшие датчики меняют на новые
<i>Двигатель работает с перебоями или не развивает мощности</i>		
Неисправен один из датчиков: датчик температуры охлаждающей жидкости, датчик температуры всасываемого воздуха, датчик частоты вращения коленчатого вала, датчик детонации, датчик положения дроссельной заслонки, датчик массового	Неисправности определяют с помощью сканера, мотор-тестера или бортового компьютера. Неисправности закодированы в количестве 48 числовых значений от кода «12» до кода «182». Перед диагностированием с помощью сканера или мотор-тестера	Неисправные датчики, свечи зажигания, высоковольтные провода, катушки зажигания и модуль зажигания заменяют на исправные. У контроллера меняют микросхему памяти, и после устранения перебоев обнаруженные коды

расхода воздуха, датчик фазы и т.д.; неисправен контроллер или свечи зажигания, высоковольтные прово- да, катушки зажигания, модуль за- жигания	проверяют мультиметром цепи, под- водящие информацию от датчиков и электропитание, чтобы уточнить объ- ем детального диагностирования	неисправностей стирают из памя- ти контроллера. При замене неис- правного контроллера на новый блок в его память заносят инфор- мацию из заменяемого
---	--	--

Таблица 6.6. Основные неисправности электронной системы управления дизелем и их причины		
Проявление неисправности	Возможная причина неисправности	
Двигатель не набирает мощности		
Низкое давление надува двигателя	Неисправность датчика надува, короткое замыкание в цепи от датчика до разъема контроллера	
Высокое давление надува двигателя	Обрыв цепи от датчика надува до разъема контроллера	
Высокая температура воздуха на входе во всасывающий коллектор	Неисправность датчика температуры всасываемого воздуха, обрыв или короткое замыкание в цепи от датчика до разъема контроллера	
Низкая температура охлаждающей жидкости	Неисправность датчика температуры охлаждающей жидкости, короткое замыкание в цепи датчика	
Высокая температура охлаждающей жидкости	Обрыв в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости до разъема контроллера	
Автомобиль медленно набирает скорость		
Низкий уровень сигнала датчика положения педали газа	Неисправность датчика положения педали газа, обрыв в цепи датчика	

Проявление неисправности	Возможная причина неисправности
Высокий уровень сигнала датчика положения педали газа	Неисправность датчика положения педали газа
Низкое опорное напряжение	Обрыв в цепи от реле до разъема контроллера или сбой в алгоритме управления контроллера
Высокое опорное напряжение	
Ложный сигнал срабатывания датчика положения педали газа	Отказ датчика педали газа
Неправильное положение рейки (нестабильная подача топлива)	Неисправность датчика положения рейки насос-форсунок, обрыв в цепи от датчика до разъема контроллера
Неправильное положение рейки (очень большая подача топлива)	
Отсутствует калибровка положения рейки насос-форсунки	
Плохой пуск двигателя и неравномерная его работа	
Отсутствие сигнала отключения стартера	Обрыв в цепи реле стартера до разъема контроллера
Сбой в работе датчика частоты вращения вала двигателя	Плохой контакт в разъеме датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя (искрение внутри разъема)
Отсутствует выходной сигнал с датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя	Неисправность датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя, обрыв в цепи от датчика до контроллера
Не включается реле или сбой в работе контроллера	Обрыв, плохой контакт в разъеме электромагнита управления рейкой насос-форсунки

Большая сила тока, потребляемого системой управления	Короткие замыкания в цепи управления электрическим топливным насосом
Неисправность реле электрического топливного насоса или отсутствие соединения в цепи	Обрыв обмотки реле электрического топливного насоса и в цепи реле
Большая сила тока, потребляемого клапаном рециркуляции отработавших газов	Короткое замыкание в цепи управления клапаном рециркуляции отработавших газов
Небольшая сила тока, потребляемого клапаном рециркуляции отработавших газов	Обрыв в цепи управления клапаном рециркуляции отработавших газов
Перегрузка главного реле	Короткие замыкания в цепи главного реле
Главное реле не включается	Обрыв обмотки главного реле
Ошибки в алгоритме управления клапаном рециркуляции отработавших газов	Обрыв в цепи управления клапаном рециркуляции отработавших газов
Перегрузка реле свечей накаливания	Короткие замыкания в цепи свечей накаливания
Не работает реле свечей накаливания	Обрыв обмотки реле свечей накаливания, нарушение контактов разъема реле, обрыв в цепи управления реле
Контрольная лампа не работает	Короткое замыкание в цепи контрольной лампы

онную информацию об автомобиле и блоке управления. Он управляет исполнительными устройствами на автомобиле — регулятором холостого хода, реле кондиционера, диагностической лампой Check Engine, реле вентилятора охлаждения радиатора, модулем зажигания, реле электробензонасоса и электромагнитными форсунками. У тестера есть программа работы с персональным компьютером через стандартный интерфейс RS 232.

На некоторых автомобилях ГАЗ с дизелем фирмы Steyr устанавливают электронную систему управления фирмы ФДО (VDO), которую диагностируют с помощью персонального компьютера и специальной сервисной программы Serv. Эта программа позволяет определить неисправности системы управления и дает рекомендации по их устранению.

В табл. 6.5, 6.6 приведены основные причины неисправностей МПСУД бензиновых двигателей и дизелей, технология их диагностирования и способы устранения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные принципы управления силовыми агрегатами МПСУД.
2. Определите двигатель как объект регулирования.
3. Каковы особенности структурной схемы МПСУД?
4. В каком элементе схемы МПСУД находится программа управления двигателем?
5. Каковы особенности конструкции контроллеров МПСУД?
6. Какие датчики применяются в МПСУД?
7. Какие бывают датчики массового расхода воздуха?
8. Какова конструкция датчика положения коленчатого вала двигателя?
9. Какова конструкция датчика температуры охлаждающей жидкости?
10. Назовите особенности конструкции датчиков детонации.
11. Назовите исполнительные устройства бензиновых двигателей.
12. Назовите исполнительные устройства дизелей.

СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ, СВЕТОВОЙ И ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

7.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Система освещения и световой сигнализации автомобиля предназначена для освещения дороги, передачи информации о габаритных размерах автомобиля, предполагаемом или совершаемом маневре, освещения номерного знака, кабины, салона кузова, контрольно-измерительных приборов, багажного отделения, подкапотного пространства и др.

От состояния и характеристик световых приборов во многом зависит безопасность движения автомобиля и работа трактора в полевых условиях, особенно в темное время суток.

Световые приборы автомобиля и трактора различаются по назначению, конструкции, электрическим и светотехническим параметрам. В обязательный комплект световых приборов для всех автомобилей входят не менее двух фар дальнего и ближнего света, два габаритных огня, два указателя поворота спереди и сзади, два световозвращателя и один фонарь освещения номерного знака, расположенные сзади. В качестве дополнительных светосигнальных приборов устанавливают контурные огни, боковые повторители указателей поворота, опознавательные знаки автопоезда и прицепов, боковые световозвращатели, огни преимущественного проезда. К необязательным световым приборам относятся противотуманные фары, фары-прожекторы, прожекторы-искатели, задние противотуманные фонари, фонари заднего хода, фонари увеличения габаритного размера автомобиля, боковые габаритные огни и стояночные огни.

Световые приборы автомобиля подразделяют на *осветительные* и *светосигнальные*. Световой пучок осветительного прибора воспринимается после отражения от опорной поверхности или

объекта, а световой поток светосигнального прибора воспринимается непосредственно. Фары и фонари заднего хода можно отнести к осветительным и светосигнальным приборам: водитель автомобиля, на котором они установлены, воспринимает свет, отраженный от дороги и наблюдаемых объектов, а участники дорожной обстановки — непосредственно от источников.

Оптическая система светового прибора, обеспечивающая направление, спектр (цвет) и силу светового потока, содержит лампу, отражатель и рассеиватель. Лампа является источником света. Отражатель, обычно имеющий вид параболоида вращения, концентрирует световой поток в требуемом телесном угле. Рассеиватель, выполненный из прозрачного материала, перераспределяет световой поток в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью линз и призм и при необходимости изменяет спектр излучаемого света.

Световые приборы автомобиля, которые успешно прошли проверку на соответствие правилам Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН), получили знак международного официального утверждения. Этот знак наносится на рассеиватель или основной корпус светового прибора и представляет собой круг, в котором проставлены буква *E* и отличительный номер страны, выдавшей официальное утверждение. Номера странам присвоены в хронологическом порядке ратификации ими Соглашения. Под кругом или справа от него указывается номер официального утверждения.

Под кругом над порядковым номером официального утверждения может стоять горизонтальная стрелка. Фара головного освещения со стрелкой, направленной вправо, сконструирована для эксплуатации автомобилей в странах с левосторонним движением. Двустороннюю стрелку ставят на фары, которые при соответствующем перемещении лампы или оптического элемента могут быть использованы как при правостороннем, так и при левостороннем движении автомобиля. На фарах автомобилей, используемых на дорогах с правосторонним движением, стрелка не ставится.

Стрелка на рассеивателях светосигнальных фонарей показывает направление, в котором обеспечивается наибольший геометрический угол видимости в горизонтальной плоскости. При установке передних и задних указателей поворота острие стрелки должно быть направлено к наружной части автомобиля, а при установке боковых указателей поворота — к передней.

Над кругом знака официального утверждения фар головного освещения в квадрат вписаны буквы *C*, *R*, *S*, *H*, которые означают:

- *S* и *R* — фара удовлетворяет международным нормам только в отношении ближнего или дальнего света;
- *CR* — оптическая система фары рассчитана на работу в режимах как ближнего, так и дальнего света;
- *S* — использован цельностеклянный оптический элемент (лампа — фара); отсутствие буквы *S* свидетельствует об использовании металлостеклянного элемента;
- *H* — фара рассчитана на применение только галогенных ламп.

Цифры, расположенные справа от круга на фарах с галогенными лампами, соответствуют округленному маркировочному значению максимальной силы света галогенного оптического элемента при дальнем свете. Например, цифра 1 соответствует максимальной силе света 2,75...3,5 кд; 20 — 55...70; 25 — 68,75...87,5; 30 — 82,5...105; 40 — 110...140 и 50 — 137,5...175 кд.

У противотуманных фар и фонарей над кругом проставляется буква *B*, у рассеивателей задних габаритных огней в квадрате над кругом — буква *R*. Передние габаритные огни обозначают буквой *A*, фонари заднего хода — символом *Ж*. У фонарей освещения номерного знака дополнительные надписи над кругом не предусмотрены.

Знак официального международного утверждения указателей поворота отличается тем, что над кругом дано обозначение категории светового прибора. К категории 1 относятся передние указатели поворота, к категориям *2a* и *2b* соответственно одно- и двухрежимные задние указатели поворота. Боковые указатели поворота имеют категории 3, 4 и 5. К категории 3 относятся передние боковые указатели поворота транспортного средства, не имеющего других указателей поворота. Передние боковые указатели поворота категории 4 устанавливают в том случае, если на транспортном средстве уже имеются указатели поворота категорий *2a* или *2b*. На транспортных средствах с указателями поворота категорий 1 и 2 (*2a* или *2b*) могут быть размещены дополнительные боковые указатели поворота категории 5.

Одно- и двухрежимную работу сигналов торможения кодируют в квадрате над кругом знаками *S1* и *S2*. На световых приборах, имеющих одновременно задний габаритный огонь и сигнал торможения, над кругом проставляют прямоугольник, в который вписывают буквы *R* и знаки *S1* или *S2*, отделенные горизонтальной чертой.

Римские цифры I, II или III, указывающие на категорию, и номер официального утверждения световозвращателя должны нахо-

даться на диаметрально противоположных сторонах круга, в который вписана буква *E*.

Световозвращатели категории I предназначены для транспортных средств шириной 1,6 м и более, категории II — для транспортных средств шириной менее 1,6 м, категории III — для прицепов и полуприцепов. Знак официального утверждения проставляют на освещающей поверхности или на одной из освещаемых поверхностей световозвращающего приспособления.

Правила ЕЭК ООН приняты в результате увеличения производства автомобилей и международная торговля ими привела к необходимости унификации требований к автотранспортным средствам по безопасности и к разработке механизма взаимного признания результатов подобной оценки. В рамках Комитета по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (КВТ ЕЭК ООН) была создана рабочая группа экспертов по конструкции транспортных средств WP.29. Эта рабочая группа разработала единообразные и согласованные требования, а также процедуру «Одобрение типа конструкции» и «Соглашение о принятии единообразных технических предписаний для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах» (Женевское Соглашение, 1958 г.).

В настоящее время утверждены 110 Правил ЕЭК ООН, 91 из которых применены Российской Федерацией и 54 включены в национальную систему сертификации (одобрения). Изделий электрооборудования и автоэлектроники касается 22 Правила (по фарам и лампам; световозвращателям; фонарям заднего номерного знака; указателям поворота; боковым и задним огням/стоп-сигналам; подавлению радиопомех; защите от угона; передним противотуманным фарами; сигналу заднего хода; звуковому сигналу; задним противотуманным фарами; спидометрам; уровню шума; стояночным

Таблица 7.1. Объекты стандартизации и их обозначения в соответствии с Правилами ЕЭК ООН и стандартами Российской Федерации по безопасности дорожного движения		
Объекты стандартизации	Правила ЕЭК ООН	Стандарты Российской Федерации
Автомобильные фары с асимметричными огнями ближнего света с лампами накаливания R2 и/или HS1	R1	ГОСТ Р 41.1—99

Объекты стандартизации	Правила ЕЭК ООН	Стандарты Россий- ской Федерации
Светоотражающие приспособления	R3	ГОСТ Р 41.3—99
Устройства освещения номерного знака	R4	ГОСТ Р 41.4—99
Лампы-фары (SB) с асимметричными ог- нями ближнего и/или дальнего света	R5	ГОСТ Р 41.5—99
Указатели поворотов	R6	ГОСТ Р 41.6—99
Подфарники, задние красные огни, стоп-сигналы	R7	ГОСТ Р 41.7—99
Фары с асимметричными огнями ближ- него света и/или огнями дальнего све- та с галогенными лампами H1, H3, HB3, H7, H8, H9, H1R1, H1R2	R8	ГОСТ Р 41.8—99
Противотуманные фары	R19	ГОСТ Р 41.19—99
Фары с асимметричными огнями ближ- него и/или дальнего света с галогенны- ми лампами H4	R20	ГОСТ Р 41.20—99
Задние фонари	R23	ГОСТ Р 41.23—99
Предупреждающие треугольники	R27	ГОСТ 2433—97
Галогенные лампы-фары (HSB) с асим- метричными огнями ближнего и/или дальнего света	R31	ГОСТ Р 41.31—99
Лампы накаливания	R37	ГОСТ Р 41.37—99
Задние противотуманные огни	R38	ГОСТ Р 41.38—99
Установка устройств освещения и свето- вой сигнализации	R48	ГОСТ Р 41.48—99
Специальные предупреждающие огни	R65	ГОСТ Р 41.65—99
Стойночные фонари	R77	ГОСТ Р 41.77—99
Боковые габаритные фонари	R91	ГОСТ Р 41.91—99
Фары с газоразрядными источниками света	R98	ГОСТ Р 41.98—99
Газоразрядные источники света	R99	ГОСТ Р 41.99—99

фонарям; электромагнитной совместимости). В табл. 7.1 приведены объекты стандартизации в соответствии с Правилами ЕЭК ООН и стандартами Российской Федерации по безопасности дорожного движения.

7.2. ФАРЫ ГОЛОВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Автомобильные фары головного освещения транспортного средства должны удовлетворять двум требованиям: хорошо освещать дорогу перед автомобилем и вместе с тем не ослеплять водителей транспортных средств во время встречного разъезда.

Головное освещение служит для освещения дороги и обочины перед автомобилем на расстоянии 50...250 м в темное время суток. В настоящее время применяют двухрежимную систему головного освещения — с дальним и ближним светом. *Дальний свет* фары или комплекта фар предназначен для освещения дорожного полотна обочины перед автомобилем при отсутствии встречного транспорта. *Ближний свет* обеспечивает освещение дороги перед автомобилем при движении в населенных пунктах или при разъезде с встречными транспортными средствами на шоссе. При ближнем свете значительно снижается ослепление участников дорожного движения при достаточном уровне освещенности дороги и правой стороны обочины. Переключение с дальнего света на ближний при встречном разъезде должно осуществляться водителями обеих автомобилей одновременно при расстоянии между машинами не менее 150 м.

Дальний и ближний свет в двухфарных системах освещения обеспечивают двухнитевые лампы накаливания. Современные автомобили оборудуют фарами головного освещения с американской и европейской асимметричными системами распределения ближнего света. Асимметричное распределение светового потока позволяет улучшить освещенность той стороны дороги, по которой движется автомобиль, и уменьшить ослепление водителя встречного транспорта.

Распределение света фары на дороге зависит от конструкций оптического элемента и установленной в ней лампы. Для освещения дороги и ее обочины впереди автомобиля на расстоянии 50...250 м в темное время суток на автомобилях обычно устанавливают фары с параболическими отражателями света. В последнее время распространение получили фары с гомофокальным, бифокальным или эллипсоидным рефлектором.

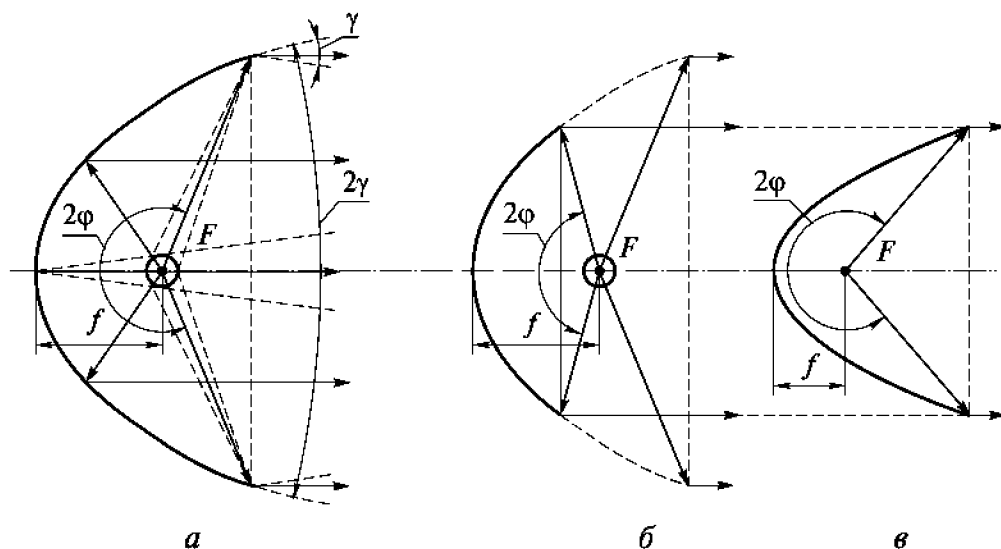


Рис. 7.1. Параметры параболического отражателя:

а — распределение светового потока при расположении нити накала в фокусе; *б* — мелкая фара; *в* — глубокая фара

При применении параболического рефлектора отраженные от него лучи идут узким пучком параллельно оптической оси (рис. 7.1, *а*), если в фокусе F отражателя помещен точечный источник света. Технологически невозможно обеспечить точную геометрическую форму парабоида, в результате вместо фокуса образуется фокальная область, и в фарах отраженные лучи идут слабо расходящимся пучком света.

Световой поток источника света распространяется в пределах телесного угла 4π . Расходящийся световой поток падает на отражатель телесным углом, которому соответствует плоский угол охвата 2φ .

Световой поток источника света собирается после него в малом телесном угле, которому в меридиональной плоскости соответствует плоский угол 2γ . Концентрация пучка отраженных лучей в малом телесном угле позволяет во много раз увеличить силу света в этом угле по сравнению с силой света нити накала лампы даже при уменьшении отраженного светового потока за счет потерь на поглощение света.

Параболические отражатели автомобильных фар увеличивают силу света лампы в нужном направлении в 200—400 раз и тем самым обеспечивают необходимую освещенность дороги на значительном расстоянии. Так, лампа силой света больше 50 кд без отражателя дает освещенность 1 лк на расстоянии примерно 7 м. При наличии отражателя сила света J в центре светового отвер-

ствия фары возрастает до 10...40 ккд, а освещенность 1 лк достигается на расстоянии 100...200 м.

Для освещенности дальних участков дороги значение имеет только пучок отраженных лучей. Часть светового потока источника, которая проходит мимо отражателя через световое отверстие в пределах большого телесного угла сильно расходящимся пучком, освещает лишь участки дороги на расстоянии 5...10 м, что ухудшает видимость при движении в тумане или в дождливую погоду. Эта часть светового потока обычно экранируется (дополнительным экраном в фаре или чернением вершины колбы лампы категории Н4).

Угол охвата 2ϕ можно увеличить, уменьшая фокусное расстояние f при постоянном диаметре светового отверстия, или наоборот (рис. 7.1, б, в). При малом фокусном расстоянии сложнее изготовить глубокий параболоид и обеспечить требуемое распределение света в отраженном световом потоке. Возможности увеличения диаметра светового отверстия ограничены условиями размещения фары на автомобиле. Обычно угол охвата отражателей автомобильных фар не превышает 240° . Мелкие отражатели с большим фокусным расстоянием применяют в прожекторах, так как они создают остро направленный световой пучок с незначительным рассеянием.

Поверхности стальных штампованных отражателей покрыты слоем лака для создания более гладкой поверхности и алюминированы с последующей защитой кварцеванием. Коэффициент отражения алюминиевого покрытия достигает 0,9.

Отражатели в оптических элементах автомобильных фар и прожекторов защищены от воздействия окружающей среды стеклами. В фарах головного освещения защитные стекла («рассеиватели») осуществляют вторичное распределение светового потока в вертикальной и горизонтальной плоскостях, обеспечивая требуемый уровень освещенности на различных участках дорожного полотна. На внутренней поверхности рассеивателя сформированы линзы и призмы.

Как уже было сказано, дальний и ближний свет в двухфарных системах освещения обеспечивают двухнитевые лампы накаливания. Фары головного освещения могут быть с американской или европейской асимметричной системой распределения ближнего света.

Распределение ближнего света фар европейской системы регламентировано величиной освещенности в контрольных точках и зонах специального экрана, который предназначен для лабора-

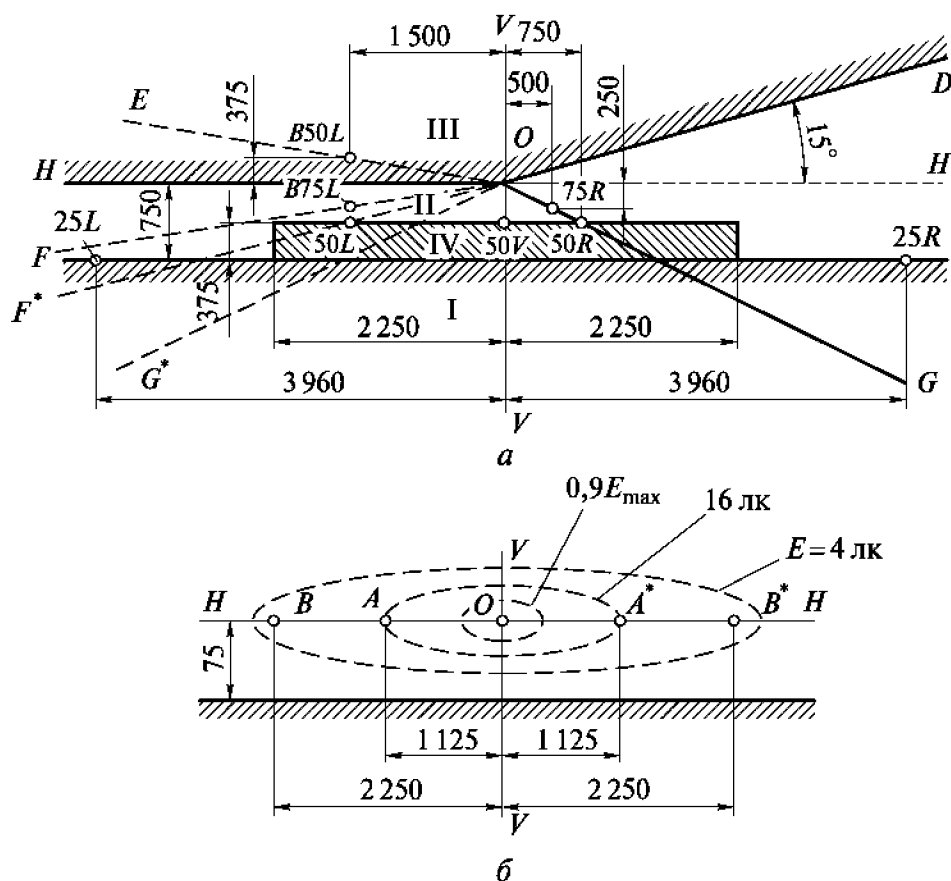


Рис. 7.2. Экраны для проверки фар европейской ассиметричной системы:

а — разметка экрана для проверки ближнего света; б — контрольные точки экрана для проверки дальнего света; I—IV — зоны экрана

торной проверки фар на соответствие их светораспределения европейским нормам и представляет собой имитацию перспективы двухполосной автомобильной дороги (рис. 7.2). Правила ЕЭК ООН устанавливают минимально и максимально допустимые значения освещенности для контрольных точек и зон экрана (табл. 7.2).

Вертикальная линия VV на экране соответствует оси правой полосы движения. Линии OG и OG^* дают в перспективе края правой полосы дороги, по которой движется автомобиль. Линия OG^* — ось дорожного полотна. Линия OE приблизительно соответствует траектории глаз водителя встречного автомобиля. Линии OF и OF^* в перспективном плане представляют собой соответственно внешний край и осевую линию левой полосы движения.

Контрольная точка $B50L$ находится на уровне глаз водителя встречного автомобиля, когда расстояние между автомобилями 50 м.

Таблица 7.2. Требования к освещенности в разных точках и зонах экрана для ближнего света								
Оптический элемент (диаметр)	Обозначение лампы	Нормы освещенности, лк, не менее, в точках и зонах экрана (см. рис. 7.2, а)						
		<i>B50L</i>	<i>75R</i>	<i>50R</i>	<i>25R</i>	<i>25L</i>	III	IV
CR и C (соответственно 170 и 136 мм)	R2	Не более 0,3	8,0	12,0	1,5	1,5	Не более 0,7	2,0
CR (136 мм)	R2	Не более 0,3	4,0	10,0	1,5	1,5	Не более 0,7	2,0
HCR и HSCR	—	Не более 0,4	12,0	12,0	2,0	2,0	Не более 0,9	3,0

Точки *50R* и *75R* характеризуют освещенность правого края правой полосы дорожного полотна на расстояниях соответственно 50 и 75 м.

Опасная в отношении ослепления зона III с очень низким уровнем допустимой освещенности расположена выше светотеневой границы. Для зоны IV, отражающей видимость дорожного полотна, установлена минимально допустимая освещенность. Зона I — участок дороги в пределах 25 м перед автомобилем. Чтобы избежать излишней яркости ближнего к автомобилю участка дороги и чрезмерного контраста с более удаленными участками, нормируют максимально допустимую освещенность зоны I. Для оптических элементов с галогенными лампами введены дополнительные контрольные точки: *B75L* (освещенность не более 12 лк), *50L* (не более 12 лк) и *50V* (не менее 6 лк). Нормы освещенности в тех же контрольных точках и зонах экрана для фар с галогенными лампами выше.

При контрольной проверке фары ее располагают на расстоянии 25 м от вертикального экрана. Фара должна быть установлена таким образом, чтобы левая горизонтальная часть светотеневой границы на экране находилась на расстоянии 250 мм ниже горизонтальной плоскости, проходящей через фокус отражателя фары (на 250 мм ниже нормали экрана *НН*). Направление лучей фары регулируют поворотом ее в вертикальной и горизонтальной плоскостях экрана до тех пор, пока левая горизонтальная часть светотеневой границы не совпадет с нормалью экрана *НН*. Точка перелома этой границы должна совпасть с точкой *О*. Правая наклонная

часть светотеневой границы должна совпадать с линией *OD*, проведенной из точки *O* под углом 15° к нормали экрана *NN*.

Дальний свет контролируют после проверки ближнего. Для проверки светораспределения дальнего света фар измеряют освещенность в пяти точках экрана, расположенных на нормали *NN* (рис. 7.2, б), также соответствующей горизонтальной плоскости, проходящей через фокус фары. При включении дальнего света установка фары, осуществленная при проверке ближнего света, сохраняется. Нормы освещенности в контрольных точках экрана в соответствии с Правилами ЕЭК ООН приведены в табл. 7.3.

Поворотом фары на небольшие углы в вертикальной и горизонтальной плоскостях на экране определяют точку с максимальной освещенностью $E_{\max}$ и измеряют эту величину. На контрольном экране показано приблизительное расположение точек, соответствующее Правилам 1 и 5 ЕЭК ООН. Фары с европейской системой имеют более рациональное светораспределение.

Сила света лучей, идущих выше оптической оси, у фар с американской системой больше. Для точки *B50L* и зоны III (см. рис. 7.2, а) контрольного экрана она составляет 800 и 1 500 кд, тогда как для фар с европейской системой — соответственно 200 и 440 кд. Следовательно, ослепляющее действие фар с американской системой светораспределения больше, а освещенность дороги при переключении с дальнего света на ближний свет изменяется меньше. Фара с европейской системой светораспределения по сравнению с фарой с американской системой лучше освещает правую полосу дороги и обочину. Однако при движении автомобиля по неровной дороге колебания светотеневой границы приводят к быстрому утомлению водителя. Американская система светораспределения

Таблица 7.3. Нормы освещенности в контрольных точках экрана для дальнего света		
Контрольные точки экрана	Нормы освещенности, лк	
	Правила 1 и 5 ЕЭК ООН	Правила 8, 20 и 31 ЕЭК ООН
<i>O</i>	Не менее $0,9E_{\max}$	Не менее $0,9E_{\max}$
<i>A</i> и <i>A*</i>	Не менее 16	Не менее 24
<i>B</i> и <i>B*</i>	4	6
Предельные значения	Не менее 32	48... 240

Примечание. $E_{\max}$ — максимальная освещенность в контрольной точке.

с размытым световым пучком ближнего света менее чувствительна к неровностям дороги. При встречном разъезде автомобилей с различными системами распределения ближнего света водители автомобилей с фарами с европейской системой ослепляются в большей степени.

Обе системы обеспечивают безопасный встречный разъезд автомобилей только на прямой ровной дороге при условии правильной регулировки оптических элементов и своевременного переключения дальнего света на ближний свет. При большей высоте установки фары над дорогой дальность видимости в ее свете увеличивается, но одновременно возрастает интенсивность излучения на уровне глаз водителя встречного автомобиля.

В лампах фар с американской и европейской системами светораспределения нить накала (спираль) дальнего света расположена в фокусе отражателя (рис. 7.3). Световой пучок дальнего света с малым углом рассеяния может быть получен при минимальных размерах спирали лампы, выполненной в виде дуги, лежащей в горизонтальной плоскости.

В фарах с американской системой светораспределения нить ближнего света выполнена в виде спирали цилиндрической формы, расположена поперек оптической оси и смещена вверх и вправо относительно фокуса, если смотреть на отражатель со стороны светового отверстия. Когда источник света выведен из фокуса, отраженный параболоидом пучок света отклоняется от оптиче-

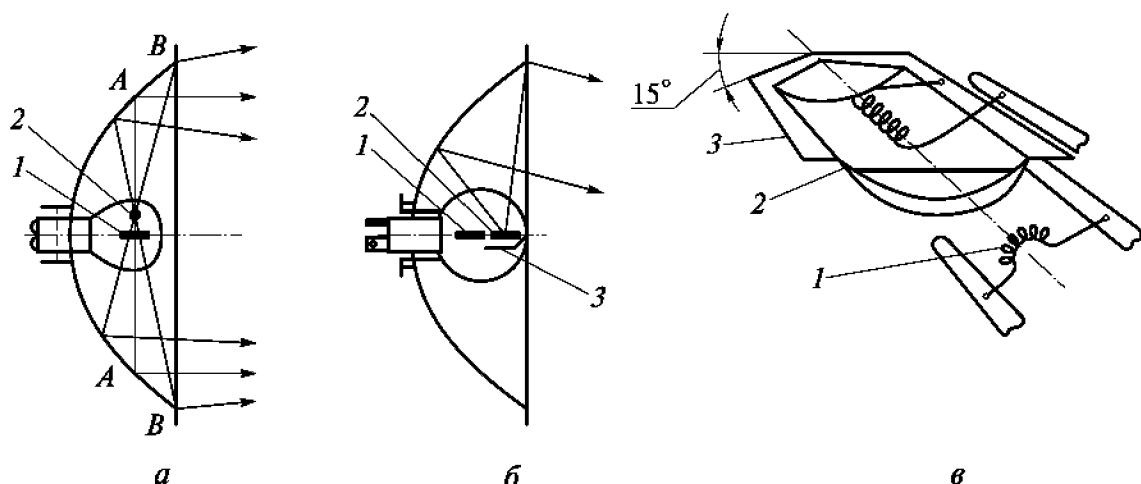


Рис. 7.3. Автомобильные фары с различными системами распределения ближнего света:

а — американская система; *б* — европейская система; *в* — схема экрана; 1 — нить дальнего света; 2 — нить ближнего света; 3 — экран; А, В — точки отражения луча от лампы

ской оси. Расфокусировка нитей ближнего света приводит к разделению пучка света на две части. Одна часть светового потока, попадающая на внутреннюю поверхность отражателя от вершины до фокальной плоскости, отражается вправо и вниз относительно оптической оси. Другая часть светового потока отражается от внешней части параболоида между фокальной плоскостью и плоскостью светового отверстия на уровень расположения глаз водителя встречного автомобиля.

Световой пучок при американской системе распределения ближнего света размыт, четкая светотеневая граница отсутствует. Увеличение угла рассеяния отраженного светового потока связано с дополнительной корректировкой светораспределения с помощью рассеивателя со сложной структурой оптических микроэлементов. Для уменьшения светового потока, направленного вверх и влево от оптической оси, применяют отражатели с меньшей глубиной.

Фары с американской системой светораспределения эффективны на дорогах с широкой разделительной зоной между полосами встречного движения, где меньше сказывается влияние угла, под которым наблюдаются фары встречного автомобиля. Основным для таких фар является режим дальнего света, поэтому их устанавливают так, чтобы ось светового пучка максимальной концентрации была параллельна направлению движения автомобиля.

Световой пучок с размытыми светотеневыми границами ближнего света фар с американской системой не соответствует требованиям безопасности движения при большом транспортном потоке, характерном для европейских стран.

Оптическим элементом круглой фары (рис. 7.4) является металлоглазненный элемент, объединяющий параболоидный отражатель 10 с фокусным расстоянием, которое зависит от конструкции и функционального назначения фары, рассеиватель 11 и лампа 2. Отражатель изготовлен из стальной ленты, его отражающая поверхность покрыта алюминием и для предотвращения окисления, повышения стойкости к воздействию влаги и механическим повреждениям на него нанесен тонкий слой специального лака. Рассеиватель эпоксидным клеем приклеен к отражателю.

В оптическом элементе фары со стороны вершины параболоидного отражателя установлена двухнитевая лампа с унифицированным фланцевым цоколем P45t/41. Выводы лампы выполнены в виде прямоугольных штекерных пластин, на которые надета штекерная соединительная колодка с проводами и держателем проводов. В оптический элемент фары могут быть установлены лампы габаритного и стояночного света. Экран, перекрывающий выход

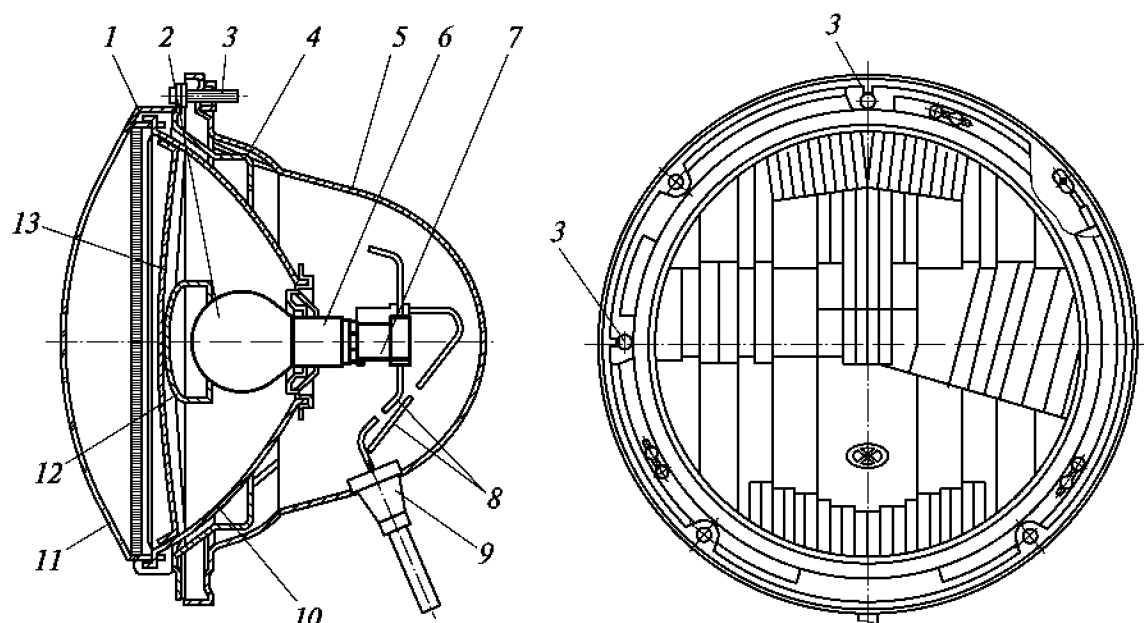


Рис. 7.4. Автомобильная круглая фара:

1 — внутренний ободок; 2 — лампа; 3 — регулировочный винт; 4 — опорное кольцо; 5 — корпус; 6 — цоколь лампы; 7 — соединительная колодка; 8 — провода; 9 — держатель проводов; 10 — отражатель; 11 — рассеиватель; 12 — экран; 13 — держатель экрана

прямых лучей лампы накаливания, прикреплен к отражателю заклепками с помощью держателя.

Головные оптические элементы фары, объединенные в одном корпусе с частью передних световых приборов и имеющие общий или составной рассеиватель (переднее стекло или пластмассовый рассеиватель фары), называют блок-фарой (рис. 7.5). При наличии общего рассеивателя упрощается его омывание струйной фароочисткой или щеточным фароочистителем. Недостатком блок-фар является невозможность их унификации для различных автомобилей.

Правая и левая блок-фары типа 95.3711 или 951.3711 одного автомобиля невзаимозаменяемы. Каждая блок-фара включает фару головного освещения с лампой 2, габаритный огонь с лампой 3 и указатель поворота с лампой 8. Рассеиватель 6 приклеен к пластмассовому корпусу 7, закрытому сзади пластмассовым кожухом 1. Внутри корпуса установлен отражатель 5. Провода от ламп 2 и 3 подведены к колодке 9, которая удерживается пружинным фиксатором 10.

Главное освещение (дальний и ближний свет), указатель поворота и передний габаритный огонь, объединенные в одном блоке передних световых приборов типа 582.3711 или 583.3711, приведены

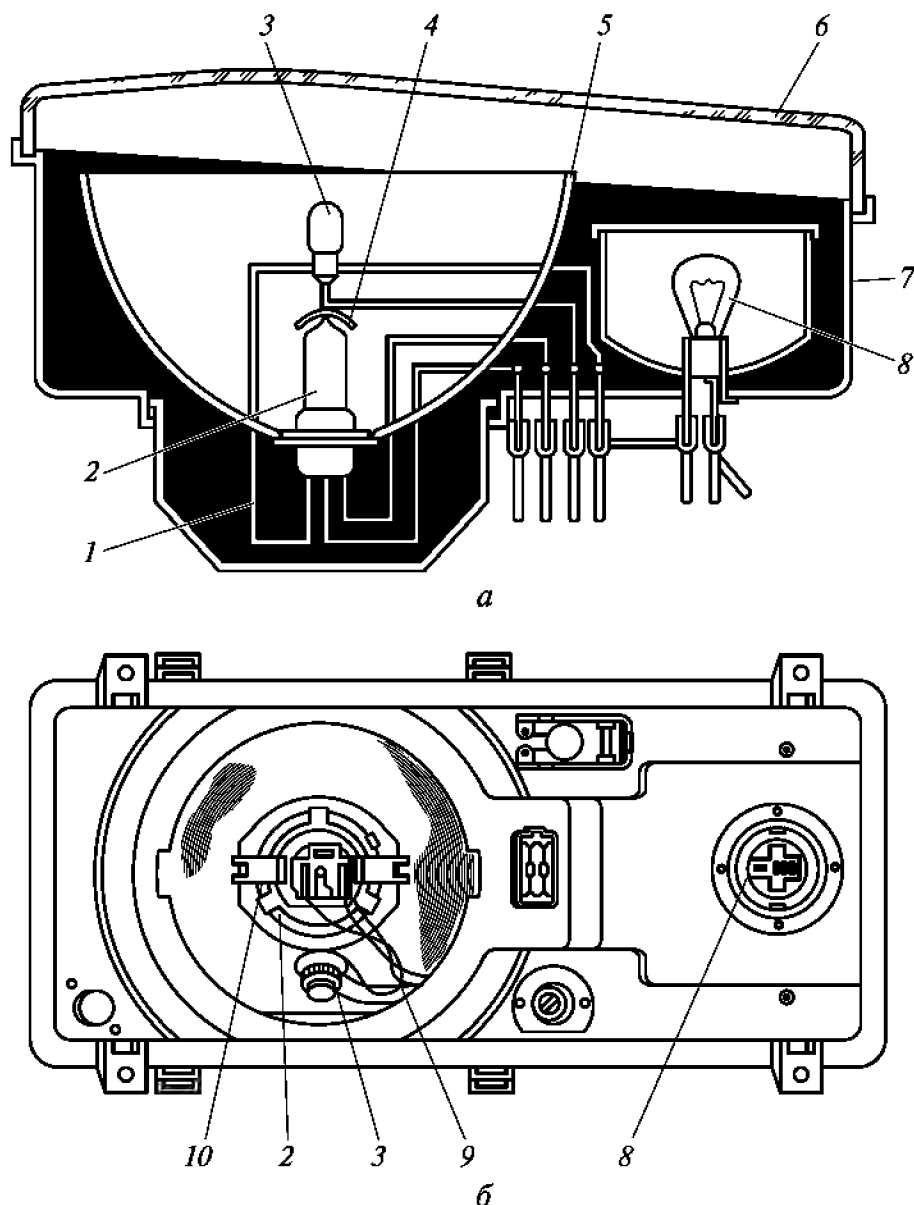


Рис. 7.5. Блок-фара:

1 — кожух; 2 — лампа фары; 3 — лампа габаритного огня; 4 — экран; 5 — отражатель; 6 — рассеиватель; 7 — корпус; 8 — лампа указателя поворота; 9 — штекерная колодка; 10 — пружинный фиксатор

на рис. 7.6. Головной свет и габаритный огонь обеспечиваются фарой с лампами АКГ 12-60+55 и А12-4. Блок закреплен на панели передка автомобиля четырьмя болтами с гайками 3. Регулирование положения светового пучка по горизонтали и вертикали осуществляется винтами 4 и 9. На фару можно установить корректор для дистанционного регулирования угла наклона фары в зависимости от нагрузки автомобиля. При отсутствии корректора наклон светового пучка в вертикальной плоскости регулируют поворотом заглушки 8.

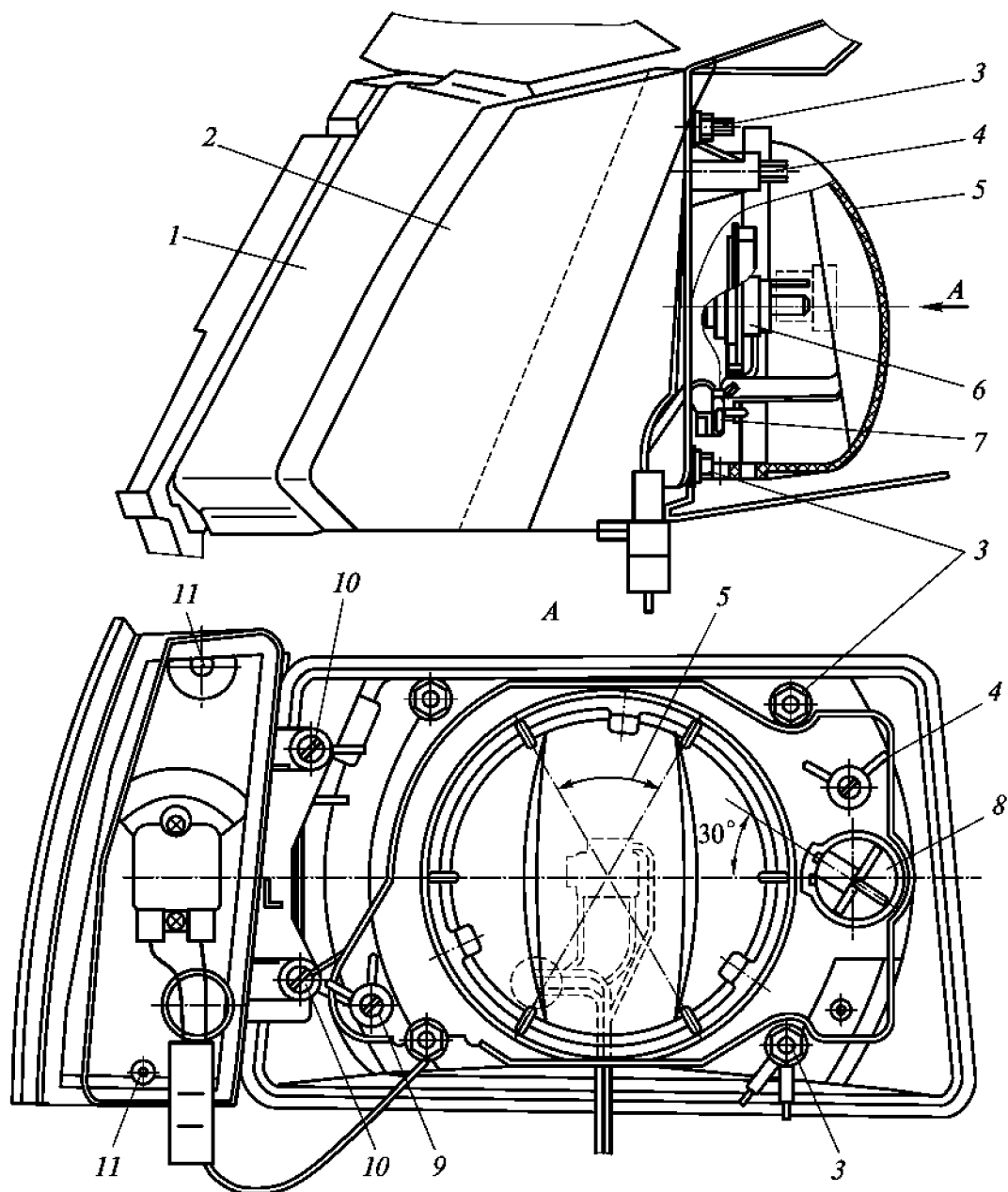


Рис. 7.6. Блок передних световых приборов:

1 — фара; 2 — указатель поворота; 3 — гайка крепления фары; 4 — винт регулировки светового пучка в вертикальной плоскости; 5 — крышка; 6 — лампа фары; 7 — лампа переднего габаритного огня; 8 — заглушка корректировки светового пучка в зависимости от нагрузки автомобиля; 9 — винт корректировки светового пучка в горизонтальной плоскости; 10 — винт крепления указателя поворота; 11 — винт крепления рассеивателя указателя поворота

Для улучшения аэродинамических качеств автомобиля передняя часть его должна иметь меньшую высоту и срезанные углы сбоку и в плане. Для выполнения этих требований необходимы фары малой высоты с увеличенной шириной луча для ближнего

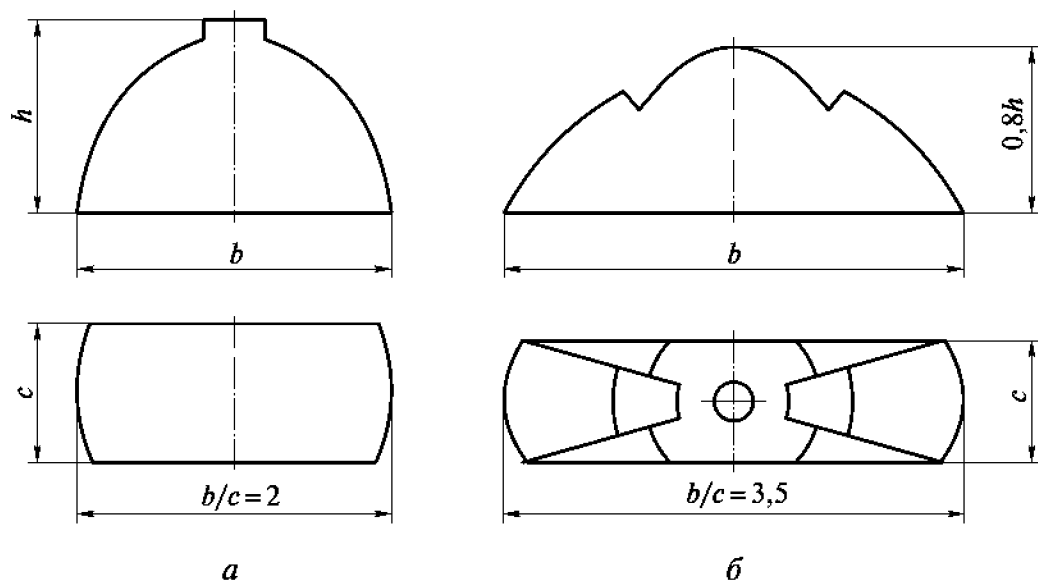


Рис. 7.7. Относительные размеры традиционных (а) и гомофокальных (б) отражателей

света, что позволяет применять рассеиватели с большим углом наклона в двух плоскостях. Такие фары занимают меньше места в подкапотном пространстве автомобиля. К фарам этого типа относятся гомофокальные, бифокальные и проекторные с эллипсоидным отражателем.

Гомофокальная фара имеет оптическую схему, в которой соединение в одном узле определенных участков отражателей с малым и большим фокусным расстоянием позволило уменьшить глубину h (рис. 7.7) внедрения фары в подкапотное пространство и увеличить отношение ширины b фары к ее высоте c .

Фара имеет отдельные сектора двух разнофокусных оптических систем. Светораспределение в режиме ближнего и дальнего света практически обеспечивается только отражателем. Отражатели сложного профиля гомофокальных фар изготавливают из пластмасс с высокой термостойкостью, обеспечивающей работу фары с галогенными лампами. Элементы гомофокальной блок-фары приведены на рис. 7.8.

Бифокальные фары имеют смешанную светоптическую схему с разделенными режимами освещения с бифокальным отражателем (рис. 7.9) ближнего света. Отражатель такой фары состоит из двух частей с положением фокусных точек по разные стороны от тела накала источника света и границей раздела между частями отражателя. Граница раздела зеркально соответствует форме, создаваемой светотеневой границей асимметричного светораспреде-

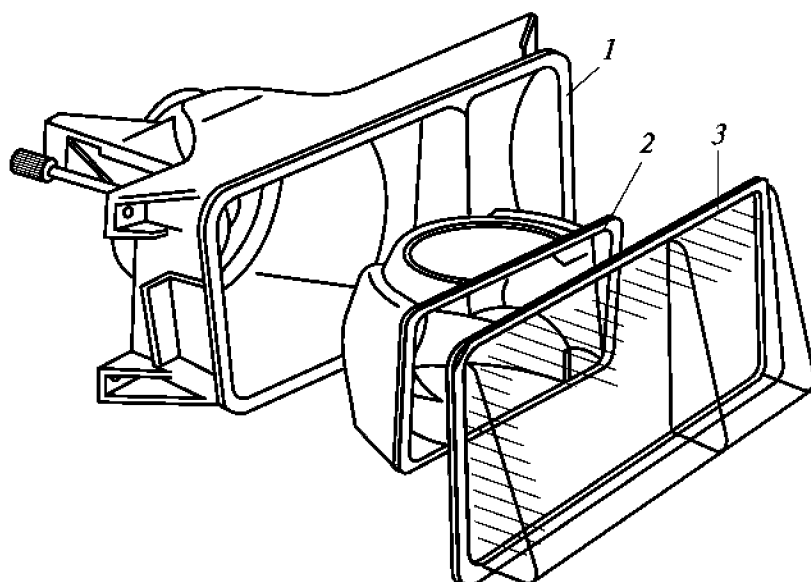


Рис. 7.8. Элементы гомофокальной фары:
1 — корпус; 2 — отражатель; 3 — рассеиватель

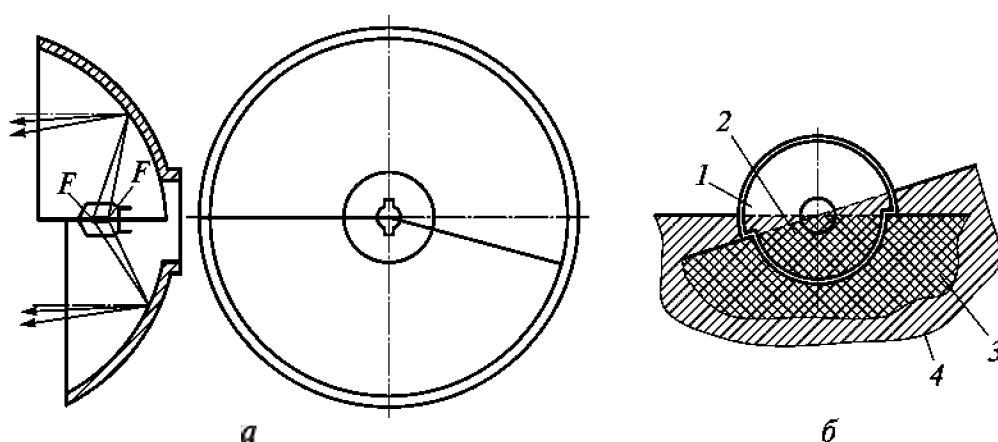


Рис. 7.9. Бифокальный отражатель фары ближнего света:
а — конструктивная схема; *б* — зоны светораспределения; 1, 2 — верхняя и нижняя части отражателя соответственно; 3, 4 — зоны светораспределения, образованные верхней и нижней частями отражателя соответственно

ления ближнего света. Рассеиватели приборов систем освещения с разделенными режимами имеют относительно простую преломляющую структуру.

Проекторные фары с эллипсоидным отражателем в последнее время получили широкое распространение. Проекторный принцип формирования светораспределения заключается в использовании проекционной оптики с применением конденсатор-

ной линзы. Такой принцип реализуется светооптической системой с эллипсоидным отражателем 1 (рис. 7.10). Тело накала устанавливается в переднем фокусе F_1 эллипсоида. После отражения световой пучок концентрируется в зоне второго фокуса F_2 отражателя на относительно малой площадке, где устанавливается экран с формой границы, расположенной симметрично светотеневой границе заданного режима освещения (ломаной для ближнего света головных фар и прямоугольной для противотуманных фар). Изображение в плоскости экрана проецируется на дорожное полотно конденсаторной линзой, фокальная точка F_3 которой совпадает со вторым фокусом эллипсоидного отражателя.

Дополнительные фары-прожекторы дают концентрированный световой пучок и служат для освещения дальних участков дороги. Их устанавливают на автомобилях, которым разрешено движение с повышенной скоростью.

Прожекторы включаются вместе с дальним светом фар при отсутствии встречных транспортных средств. Высота установки прожекторов не нормирована. Две фары-прожекторы на автомобиле следует устанавливать на одной высоте.

Прожекторы-искатели предназначены для временного освещения предметов, расположенных вне зоны действия фар головного освещения. Применяются фары с узким световым пучком. Они размещаются на поворотном кронштейне.

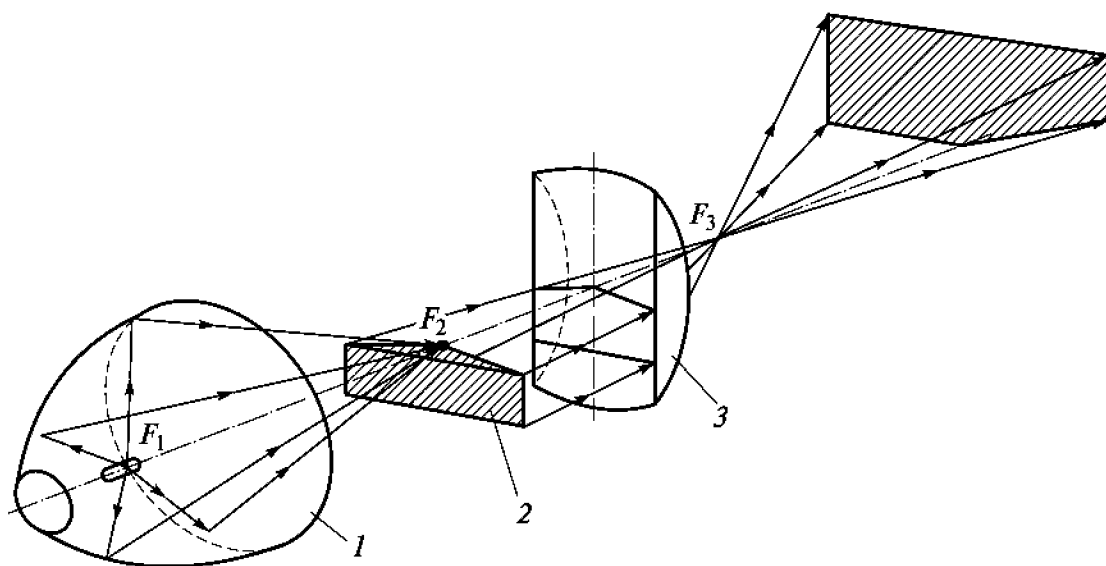


Рис. 7.10. Формирование светового пучка ближнего света проекторной системы с эллипсоидным отражателем:

1 — отражатель; 2 — экран; 3 — линза

Противотуманные фары обеспечивают улучшение видимости и обозначение габаритов автомобиля при движении в тумане, интенсивных осадках или пылевом облаке. Лучи ближнего и особенно дальнего света обычных фар отражаются от мельчайших капелек воды или частичек пыли, рассеиваются и создают молочно-белую пелену перед автомобилем, которая ослепляет водителя. В тумане с метеорологической видимостью менее 20 м водитель автомобиля практически не видит дорогу и объектов на ней.

Противотуманные фары отличаются от головных фар бóльшим углом рассеяния светового пучка в горизонтальной плоскости и более четкой верхней светотеневой границей (рис. 7.11). Такое светораспределение обеспечивается соответствующим микрорельефом внутренней поверхности рассеивателя с вертикальными цилиндрическими линзами и экраном перед лампой. Благодаря большому углу рассеяния светового пучка обеспечивается хорошая видимость дороги на расстоянии 15...25 м.

Для уменьшения рассеивающего действия тумана на световой пучок противотуманные фары устанавливают ближе к дорожному полотну.

Противотуманные фары должны размещаться не выше фар ближнего света и на высоте по нижней кромке светового отверстия не менее 250 мм над полотном дороги. От плоскости бокового габарита автомобиля они должны отстоять не более чем на 400 мм. Углы рассеяния светового потока противотуманных фар составляют $\pm 5^\circ$ по вертикали и $+45$ и -10° — по горизонтали. Высота установки противотуманных фар в меньшей степени влияет на условия видимости дороги, чем светораспределение и регулировка. Так, с увеличением высоты фары над уровнем дороги с 250 до 1000 мм максимальная дальность видимости уменьшается примерно на 10 %. В то же время отклонение пучка света фары вследствие разрегулировки вверх на 3° может снизить дальность обнаружения объекта на дороге в 2 раза.

Для большего цветового контраста рассеиватели противотуманных фар иногда изготавливают из желтого стекла. Однако заметных преимуществ изменение спектра излучения не дает. Цвет светового пучка фары практически не сказывается на условиях видимости в тумане средней и высокой плотности. Желтые лучи с большей длиной волны лучше проникают через легкий туман или пыль с частицами малых размеров, соизмеримых с длиной световых волн. Фары с рассеивателями желтого цвета требуют установки ламп большей мощности. Цвет рассеивателей двух фар на одном автомобиле должен быть одинаковым.

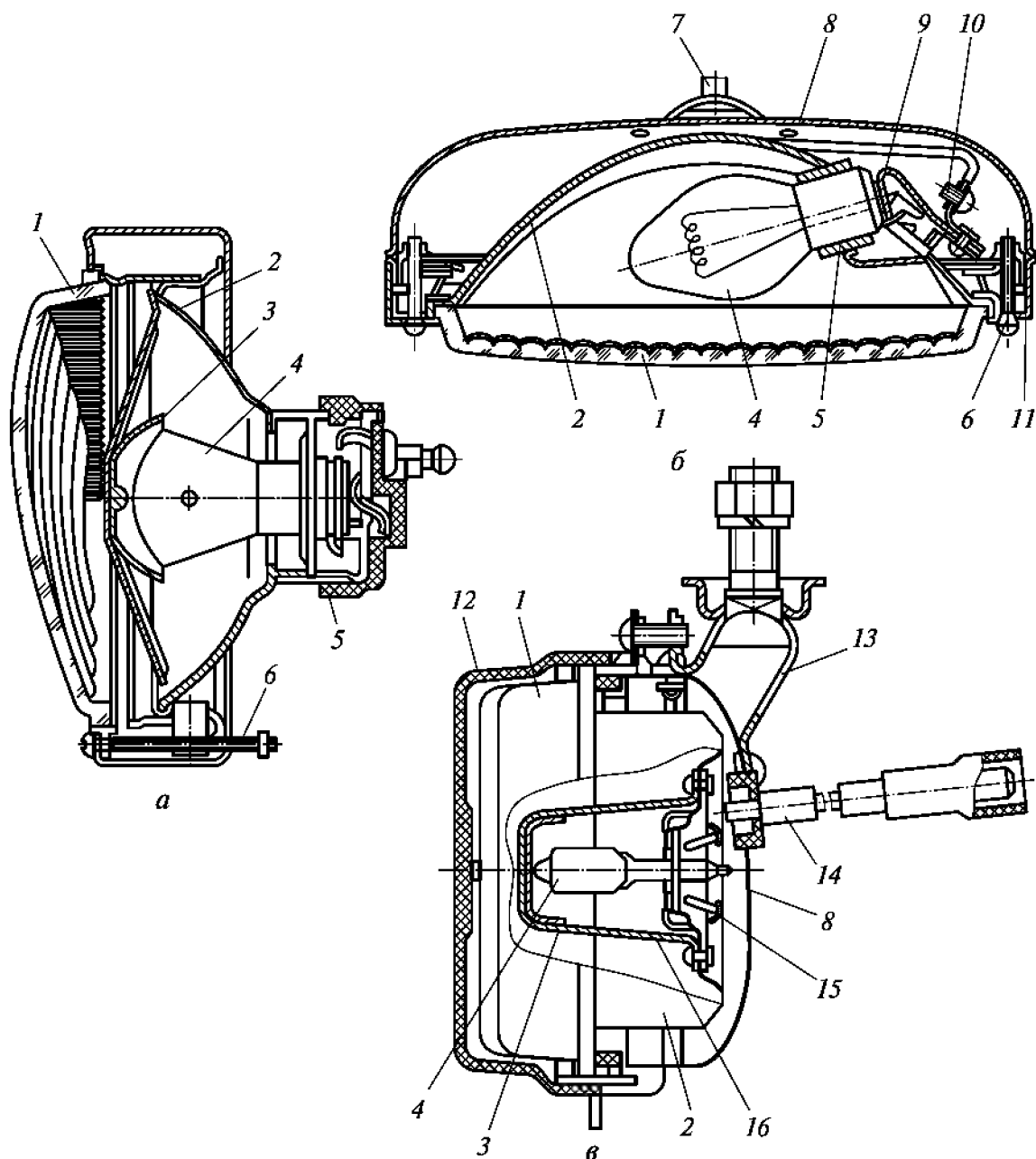


Рис. 7.11. Противотуманные фары:

а — круглая; *б, в* — прямоугольные; 1 — рассеиватель; 2 — отражатель; 3 — экран; 4 — лампа; 5 — патрон; 6 — регулировочный винт; 7 — шаровая опора; 8 — корпус; 9 — контактная пластина; 10 — зажим; 11 — ободок; 12 — защитная крышка; 13 — кронштейн крепления; 14 — провод; 15 — пружинный держатель лампы; 16 — держатель экрана

Противотуманные фары имеют круглое или прямоугольное световое отверстие. Их встраивают в кузов, в бампер или крепят к бамперу автомобиля с помощью кронштейна. Противотуманные фары включают в блок-фару.

Противотуманная круглая фара (см. рис. 7.11, а, б) состоит из отражателя 2 параболического типа, рассеивателя 1, лампы 4, нить накала которой находится в фокусе отражателя, и экрана 3. Лампу вставляют в патрон 5 фары или в специальный ламподержатель 15 (см. рис. 7.11, в) галогенной лампы АГ 12-55-1 (категория НЗ).

Включение противотуманных фар в условиях малой прозрачности атмосферы позволяет на 20...30 % увеличить скорость автомобиля. Ввиду слепящего действия фар головного света противотуманные фары рекомендуется применять при езде в городе. Противотуманные фары, как и фары ближнего света, следует включать после габаритных фонарей независимо от включения фар головного света. Благодаря большему углу рассеяния светового пучка по горизонтали противотуманные фары целесообразно использовать на крутых поворотах дороги.

В светлое время суток при движении в тумане противотуманные фары могут выполнять функцию габаритных огней, снижая вероятность столкновения встречных транспортных средств. В меньшей степени при движении в тумане автомобиль защищен от наезда сзади. Задние габаритные огни в тумане малоэффективны.

7.3. СВЕТОСИГНАЛЬНЫЕ ОГНИ

Габаритные огни сигнализируют о наличии и примерной ширине транспортного средства и содержат два передних и два задних габаритных огня (рис. 7.12). Прицепы и полуприцепы имеют два габаритных огня сзади, а при ширине более 1,6 м — еще два передних. Автобусы с числом пассажирских мест более 10 дополнительно снабжены двумя габаритными огнями спереди, а также сзади. Углы видимости этих огней в горизонтальной плоскости +80°, а в вертикальной — +5 и -20°. Сила излучаемого света вдоль оси — 40...60 кд для передних и 2...12 кд для задних и верхних габаритных огней.

Габаритные огни располагают на равном расстоянии от плоскости симметрии, на одинаковой высоте в одной плоскости, перпендикулярной к продольной оси автомобиля.

Расстояние между огнями по ширине не менее 600 мм, высота установки габаритных огней 400...1500 мм. Верхние габаритные огни автобусов расположены на расстоянии не более 400 мм от плоскости верхнего габарита. Такое же расстояние до плоскости бокового габарита всех габаритных огней.

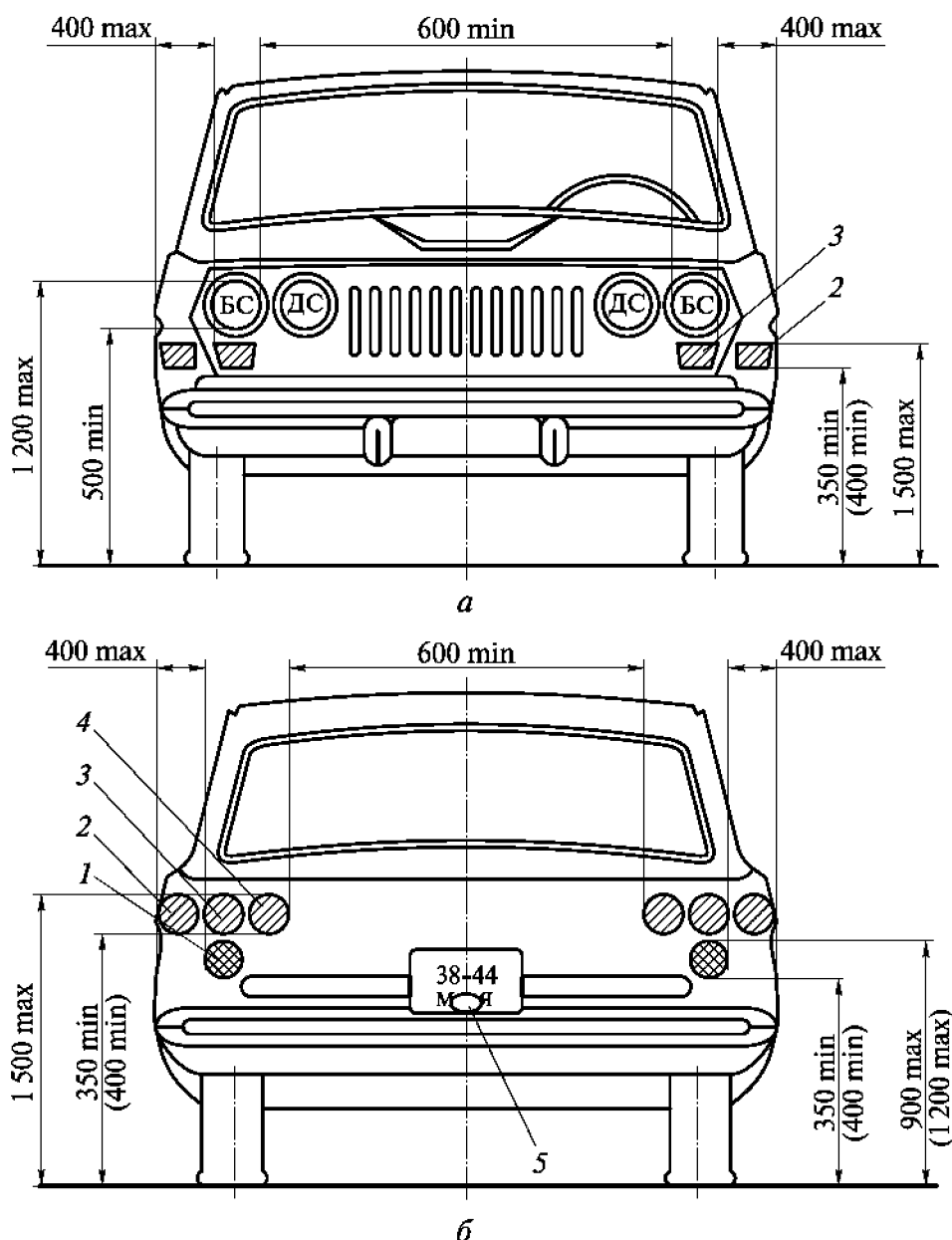


Рис. 7.12. Размещение обязательного комплекта световых приборов на передней (а) и задней (б) частях автомобиля:

1 — световозвращатели; 2 — указатели поворота; 3 — габаритные огни; 4 — сигнал торможения; 5 — фонарь освещения номерного знака

На транспортном средстве длиной более 6 м установлены боковые габаритные огни оранжевого цвета. Фонари сигнализации открытых дверей указывают на увеличение габарита автомобиля.

Светооптическая система сигнальных приборов рассеивает световой пучок в определенных углах геометрической видимости. Геометрическая видимость световых приборов характеризуется углами в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Они ограни-

чивают зону телесного угла, в пределах которого световой сигнал должен быть виден без каких-либо помех. Автомобильные светосигнальные фонари имеют обычно асимметричное светораспределение. Горизонтальные углы их геометрической видимости значительно больше вертикальных. Требования к пространственному светораспределению зависят от функций, выполняемых светосигнальным прибором.

Для всех светосигнальных фонарей и световозвращателей углы геометрической видимости по вертикали составляют $\pm 15^\circ$. Если высота установки светосигнального прибора меньше 1200 мм, угол геометрической видимости в сторону дорожного полотна можно уменьшить до -5° . В горизонтальной плоскости углы геометрической видимости $+80$ и -45° для передних и задних габаритных огней и указателей поворота, $\pm 45^\circ$ для сигналов торможения и $\pm 30^\circ$ для задних световозвращателей.

Светораспределение светосигнального фонаря зависит от типа его оптической системы — линзовой или смешанной. В *линзовой оптической системе* требуемые сила света и светораспределение обеспечиваются одним рассеивателем (без отражателя). К приборам с линзовой оптической системой относятся габаритные и стояночные огни, боковые повторители указателей поворота и др. Такие приборы состоят из корпуса 4 (рис. 7.13), лампы 3 накаливания и рассеивателя 1 с линзовыми или призматическими микроэлементами. Внутренняя поверхность корпуса может быть окрашена в белый цвет.

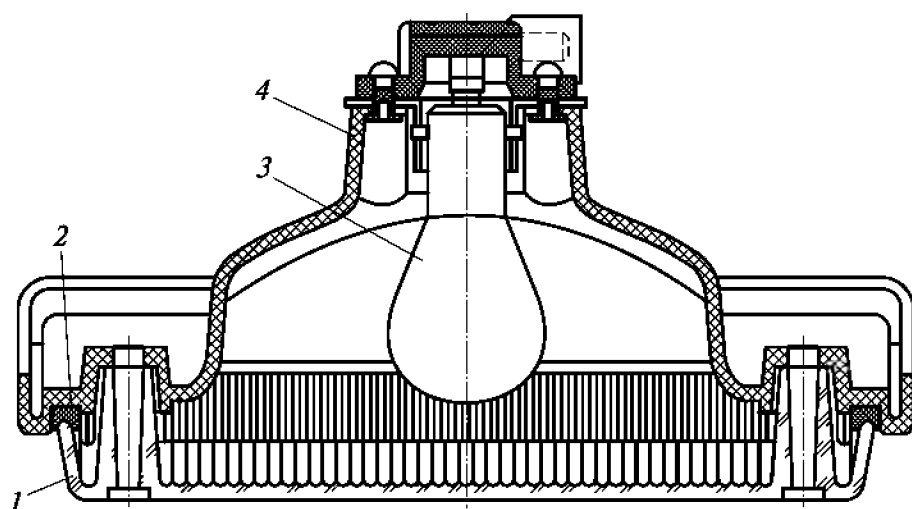
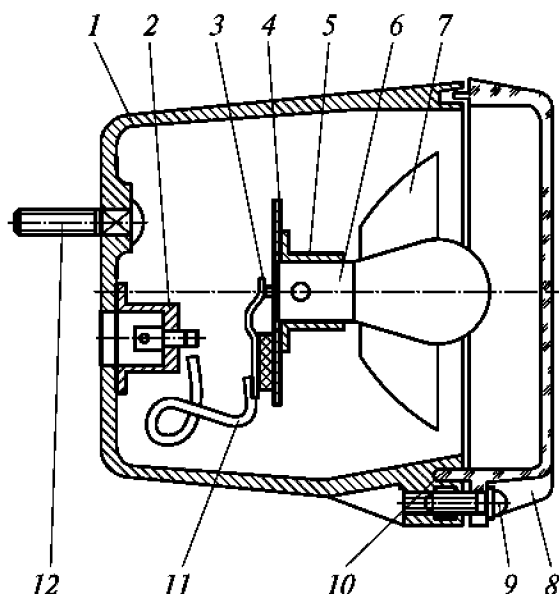


Рис. 7.13. Светосигнальный фонарь с линзовой оптической системой:

1 — рассеиватель; 2 — герметизирующая прокладка; 3 — лампа; 4 — корпус

Рис. 7.14. Сигнальный фонарь со смешанной оптической системой:

1 — корпус; 2 — штекерный разъем; 3 — пружинный контакт; 4 — монтажная панель; 5 — патрон лампы; 6 — лампа; 7 — отражатель; 8 — рассеиватель; 9 — винт крепления; 10 — резиновая прокладка; 11 — соединительный провод; 12 — болт крепления фонаря



В смешанных оптических системах необходимое светораспределение создается отражателем 7 (рис. 7.14) и рассеивателем 8. Рассеиватель перераспределяет световой поток от отражателя и лампы 6. Непреобразованный световой поток от лампы улучшает светотехнические характеристики светосигнальных приборов. Благодаря большой силе света в заданных углах геометрической видимости, создаваемой смешанной оптической системой, ее применяют в сигналах торможения и указателях поворота. Световой поток лампы наилучшим образом используется при установке в корпус 1 параболоидного отражателя.

Патрон 5 обеспечивает правильную установку лампы относительно отражателя и рассеивателя. Ось лампы должна совпадать с оптической осью отражателя. Герметизация светосигнального прибора с лампой накаливания периодического действия довольно сложная.

Задние габаритные и стояночные огни, световозвращатели и сигналы торможения имеют красный цвет. При одновременном включении габаритных огней и сигналов торможения они отличаются габаритной яркостью. Красный цвет лучше воспринимается периферическим зрением, лучше заметен ночью на фоне огней другого цвета и сохраняет монохроматичность при любой интенсивности. Передние габаритные огни и огни стояночного света имеют белый цвет, проблесковые сигналы передних и задних указателей поворота, боковые габаритные огни и световозвращатели — оранжевый. Оранжевый цвет лучше распознается ночью на фоне включенных фар головного освещения и передних габаритных огней.

По европейским нормам впереди автомобиля не должно быть ни одного огня красного цвета.

Белый цвет сзади имеют фонари заднего хода (как и в передних световых приборах, он сигнализирует о движении автомобиля в сторону наблюдателя) и освещения номерного знака.

7.4. ЗАДНИЕ ФОНАРИ

Два задних сигнала торможения автомобиля включаются при срабатывании тормозных систем и сигнализируют о замедлении движения или остановке автомобиля. Расстояние между парными симметричными сигналами торможения не более 600 мм, высота установки 400...1500 мм. Сила света сигнала торможения на оси отсчета у однорежимных фонарей 40...100 кд, а у двухрежимных — 130...520 кд днем и 30...80 кд ночью.

Дополнительные сигналы торможения у задних стекол салона легкового автомобиля видны водителю, едущему сзади, при загрязнении основных сигналов торможения, а также водителям нескольких следующих в колонне автомобилей, что обеспечивает их своевременную реакцию на изменение дорожной ситуации. В основных и в дополнительных сигналах торможения могут использоваться светодиоды красного цвета.

Номерной знак освещается одним или двумя фонарями. Европейские нормы устанавливают допуски на неравномерность освещения номерного знака: минимальная освещенность таблицы знака — 10 лк, а максимальная — 490 лк. Удовлетворительную освещенность даже широкого номерного знака обеспечивают два одинаковых фонаря, расположенных вдоль ее длинной стороны. Яркость в контрольных точках таблицы номерного знака — не менее 2,5 кд/м². Различие яркости на расстоянии между любыми точками таблицы (1 см) не должно превышать удвоенной минимально допустимой яркости.

Максимальное поле видимости номерного знака в вертикальной плоскости находится в пределах угла $\pm 5^\circ$ и в горизонтальной — $\pm 30^\circ$. Углы видимости отсчитывают от перпендикуляра к соответствующему краю таблицы номерного знака. В любой точке таблицы угол падения луча света на ее поверхность должен быть не более 82° от края светового отверстия фонаря, наиболее удаленного от поверхности таблицы. При установке фонаря в рабочее положение излучаемый свет не должен быть виден в горизонтальном угле $\pm 30^\circ$ и вертикальном — $\pm 15^\circ$. Угол измеряется по отношению

к прямой, проходящей через одиночный источник света, или через середину отрезка прямой, соединяющей два источника света.

По конструкции и требованиям фонари заднего хода относятся к светосигнальным. Один или два фонаря заднего хода с рассеивателями белого цвета размещены в задней части автомобиля на высоте 400...1200 мм. Углы геометрической видимости фонарей при включении заднего хода составляет по вертикали $+15^\circ$ и -5° и по горизонтали $\pm 45^\circ$ для одиночного фонаря и $+45^\circ$ и -30° для двух парных фонарей. Фонари заднего хода автобусов обеспечивают углы геометрической видимости по вертикали $\pm 15^\circ$ и по горизонтали — $\pm 45^\circ$.

Группированные световые приборы объединяют в одном корпусе несколько самостоятельных световых приборов с отдельными источниками света и отдельными светящими отверстиями. Каждый из сгруппированных вместе световых приборов может иметь несколько источников света и несколько светящих отверстий. В группированном световом приборе сигнальные фонари могут располагаться горизонтально и вертикально.

Задние группированные световые приборы включают фонари указателя поворота, сигнала торможения, заднего хода, противо-

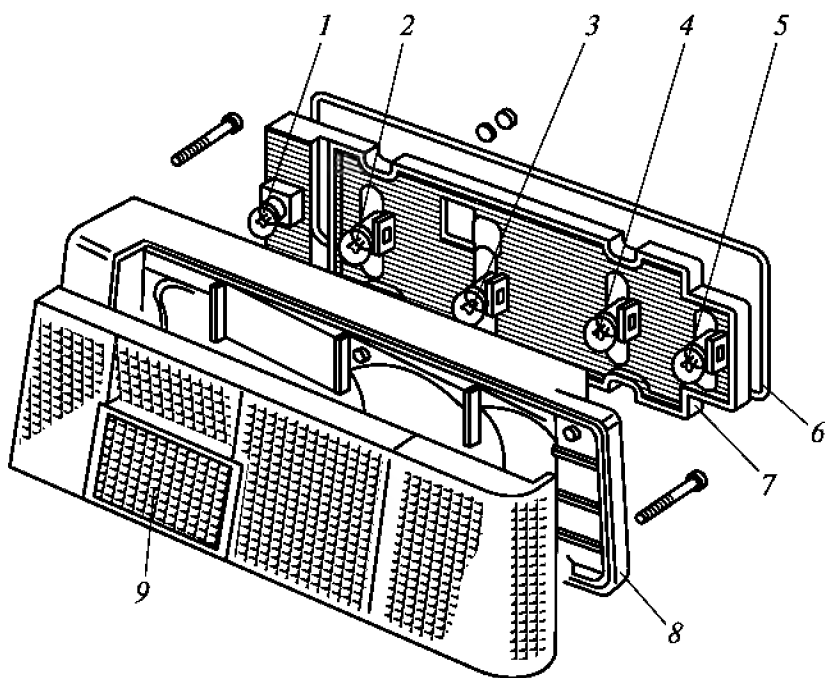


Рис. 7.15. Задний группированный световой прибор:

1 — лампа фонаря освещения номерного знака; 2 — лампа противотуманного фонаря; 3 — лампа фонаря заднего хода; 4 — лампа габаритного огня и сигнала торможения; 5 — лампа указателя поворота; 6 — уплотнительная прокладка; 7 — печатная плата; 8 — корпус; 9 — рассеиватель

туманные, габаритного огня и световозвращатель (рис. 7.15). Световозвращатель встроен в рассеиватель 9. Отражающие поверхности выполнены непосредственно на пластмассовом корпусе 8. Светосигнальные секции разделены перегородками.

В задних группированных световых приборах лампы светосигнальных секций установлены на печатной плате 7.

На грузовых автомобилях применяют передний и задний группированные фонари. Круглый двухсекционный передний фонарь (рис. 7.16, а) объединяет в одном корпусе 1 указатель поворота с лампой мощностью 21 Вт и габаритный огонь с лампой мощно-

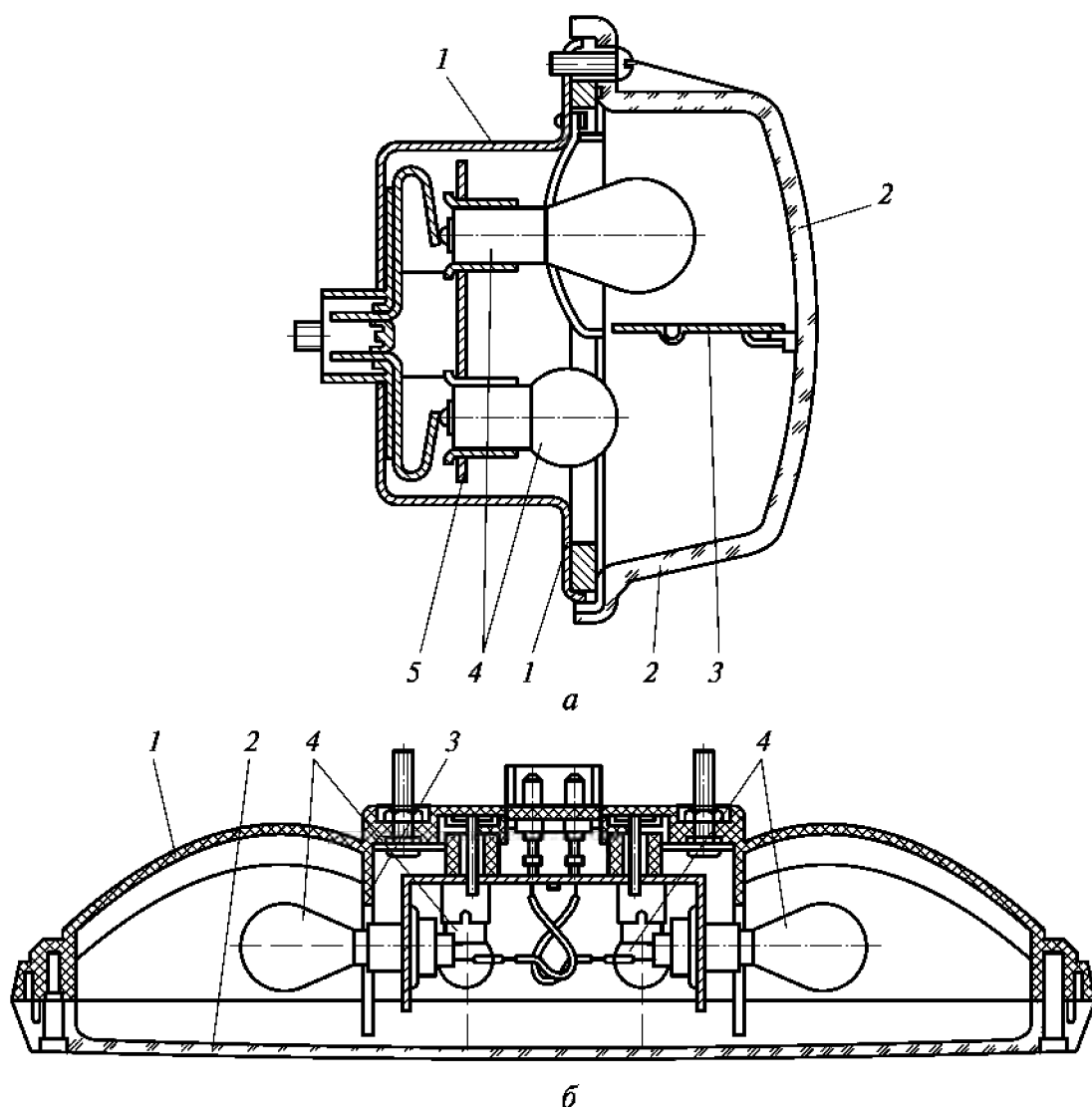


Рис. 7.16. Унифицированные светосигнальные фонари для грузового автомобиля:

а — передний; б — задний; 1 — корпус; 2 — рассеиватель; 3 — перегородка; 4 — лампы; 5 — ламподержатели

стью 5 Вт. Секции сигнальных огней разделены непрозрачной перегородкой 3. Указатель поворота, размещенный в верхней секции фонаря, имеет смешанную светооптическую систему с параболическим отражателем и оранжевым рассеивателем. Нижняя секция фонаря с бесцветным рассеивателем габаритного огня имеет линзовую светооптическую систему.

В трехсекционном заднем фонаре прямоугольной формы (рис. 7.16, б) функции указателя поворота выполняет крайняя наружная по отношению к кузову секция со смешанной светооптической системой. Средняя секция габаритного огня имеет линзовую систему, а третья секция сигнала торможения — смешанную. Световозвращатель красного цвета находится в специальном углублении в рассеивателях задних фонарей между сигналом торможения и габаритным огнем. Левый задний фонарь имеет вставку из бесцветной пластмассы, через которую освещается номерной знак.

7.5. ИСТОЧНИКИ СВЕТА СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Автомобильные лампы накаливания являются источниками света в светотехнических и светосигнальных приборах транспортного средства. Автомобильная лампа состоит из колбы, одной или двух нитей накала, цоколя с фокусирующим фланцем или без него и выводов. Стеклоанная колба лампы может быть шаровидной, каплевидной, грушевидной или цилиндрической формы. Нити накала в двухнитевых лампах имеют функционально различное назначение (одна нить обеспечивает дальний свет, другая — ближний).

Автомобильные лампы имеют штифтовые и фланцевые цоколи разной конструкции (рис. 7.17). В лампе со штифтовым цоколем трудно обеспечить точное расположение нити накала относительно штифтов. Штифтовый цоколь не позволяет надежно фиксировать лампу в патроне. Поэтому лампы со штифтовыми цоколями применяют в основном в световых приборах, к которым не предъявляют жестких требований в отношении светотехнических характеристик.

Для точной фиксации нитей накала относительно фокуса параболического отражателя лампы автомобильных фар имеют фокусирующий фланцевый цоколь. Конструкция фланца позволяет устанавливать лампу в оптический элемент лишь в одном определенном положении. Размеры и расположение нити накала в лампе нормированы отечественными и международными стандартами.

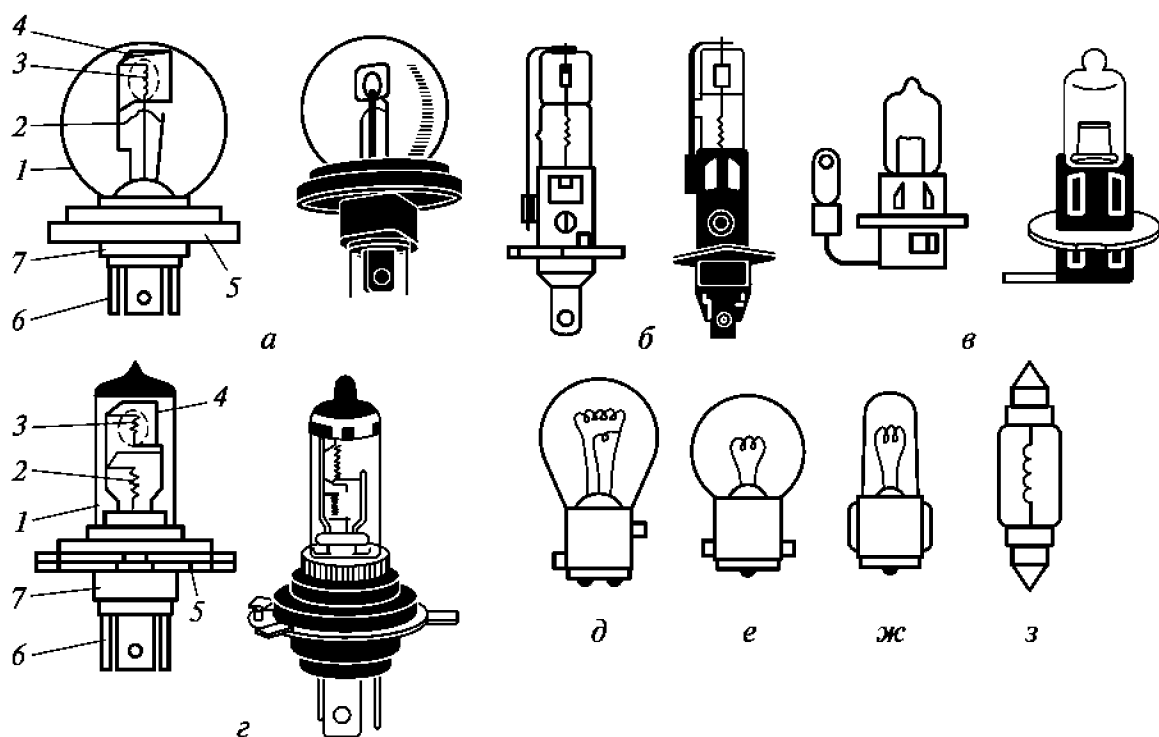


Рис. 7.17. Автомобильные лампы накаливания:

а — фар головного освещения с европейской асимметричной системой светораспределения; *б* — галогенная категории Н1; *в* — галогенная категории Н3; *г* — галогенная категории Н4; *д* — двухнитевая штифтовая; *е* — одонитевая штифтовая; *ж* — пальчиковая; *з* — софитная; 1 — колба; 2 — нить дальнего света; 3 — нить ближнего света; 4 — экран; 5 — фокусирующий фланец; 6 — выводы; 7 — цоколь лампы

Нить накала свита в цилиндрическую спираль из тонкой вольфрамовой проволоки. Спираль прикреплена к электродам и имеет форму прямой или дуги окружности. Тугоплавкий вольфрам с температурой плавления 3380°C допускает нагрев спирали до $2300 \dots 2700^{\circ}\text{C}$. С повышением температуры спирали увеличивается яркость света лампы. Однако при температуре нити накала выше 2400°C вольфрам интенсивно испаряется и, оседая на стенках стеклянной колбы, образует темный налет, уменьшающий световой поток.

Повышение температуры нити накала до $2700 \dots 2900^{\circ}\text{C}$ достигается в лампах с галогенным циклом, что приводит к увеличению на $50 \dots 60\%$ световой отдачи. Колба галогенной лампы заполнена инертным газом и небольшим количеством паров йода или брома. В лампах с йодным циклом частицы вольфрама, осевшие на стенках колбы после испарения нити накала, соединяются с парами йода и образуют йодид вольфрама. При температуре колбы из жа-

ростойкого кварцевого стекла 600...700 °С йодид вольфрама испаряется, диффундирует в зону высокой температуры вокруг нити накала и распадается на вольфрам и йод. Вольфрам оседает на нить, пары йода остаются в газовом пространстве колбы, участвуя в дальнейшей реализации йодистого цикла.

Галогенные лампы отличаются от обычных ламп меньшими размерами колбы и повышенной яркостью нити накаливания. Поскольку вольфрам не оседает на поверхности колбы, она остается прозрачной в течение всего срока службы лампы. Однако использование галогенов не способствует существенному увеличению срока службы лампы, так как вольфрам испаряется и оседает на поверхности спирали неравномерно, что неизбежно приводит к уменьшению толщины нити на отдельных участках и к ее перегоранию.

Автомобильные лампы выпускаются с номинальным напряжением 6; 12; 24 В, в то же время расчетное напряжение их составляет 6,3...6,75; 12,8...13,5 и 28 В. При превышении напряжения бортовой сети относительно расчетного значения увеличиваются ток, температура спирали и световая отдача, но резко сокращается ресурс лампы.

При понижении напряжения нить накала нагревается слабее, световой поток и световая отдача уменьшаются, а при снижении напряжения на 50...60 % лампа практически не излучает света.

Взаимозаменяемость ламп одного номинального напряжения позволяет использовать их в световых приборах автомобилей различного целевого назначения.

Характеристики световых приборов нормируют при установке в них ламп, рассчитанных на номинальное напряжение 12 В.

При других номинальных напряжениях требуемые характеристики тех же световых приборов обеспечивают соответствующими изменениями конструкции ламп.

Автомобильные лампы работают в условиях вибрации и тряски, поэтому они должны быть механически прочными. Крепление колбы к цоколю должно выдерживать усилие, прилагаемое к лампе, когда ее вставляют в патрон или вынимают из него. Лампа должна надежно удерживаться в патроне даже при значительной вибрации, характерной для условий эксплуатации автомобиля. Снижение вибрационных нагрузок на нить накала и устройство для закрепления лампы в патроне обеспечивается благодаря эластичности подвески патрона или светового прибора на автомобиле.

Лампы накаливания отличаются по назначению, конструкции, электрическим и светотехническим характеристикам (табл. 7.5).

Таблица 7.5. Электрические и светотехнические характеристики автомобильных одноститевых и двухнитевых ламп накаливания					
Обозначение лампы		Мощ- ность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжи- тельность го- рения, ч	Тип цоколя
по ГОСТ 2023—75	междуна- родное				
Одноститевые лампы					
АКГ 12-55-2	H1	55	1 550	150	P14,5s
АКГ 24-70-2	H1	70	1 900	150	P14,5s
АКГ 12-55-1	H3	55	1 450	15	P22s
АКГ 24-70-1	H3	70	1 750	150	P22s
A 12-21-3	P21W	25	529	100	BA12s/19
A 24-21-3	P21W	28	529	100	BA12s/19
A 12-21+5	P21/5W	25/6	506	100/1 000	BAY15d
A 24-21+5	P21/5W	28	440/35	100/1 000	BAY15d
A 12-4-1	T4W	4	35	200	BA9s/14
AMH 24-4	T4W	5	35	200	BA9s/14
A 12-3-1	W3W	3	22	200	W2,1×9,5d
A 12-5-2	W5W	5	50	200	W2,1×9,5d
A 24-5-2	W5W	7	50	200	W2,1×9,5d
A 12-5-1	C5W	10	45	200	SV8,5/8
A 24-5-1	C5W	10	45	200	SV8,5/8
Двухнитевые лампы					
A12-45+40	R2	45/40	740/450	100/200	P45t/41
A24-55+50	R2	55/50	700/450	75/150	P45t/41
АКГ 12-60+55	H4	60/55	1 650/1 000	100/200	P43t/38
АКГ 24-75+70	H4	75/70	1 900/1 200	100/200	P43t/38

Примечание. На тракторах применяют те же автомобильные лампы.

Обозначение отечественных автомобильных ламп, например A12-45+40, расшифровывается следующим образом: буква А — автомобильная; число 12 — номинальное напряжение (может быть

6; 12 или 24 В), числа 45+40 — мощность (Вт) нити накаливания соответственно дальнего и ближнего света (для двухнитевых ламп). Кроме того, к перечисленным обозначениям через тире может быть добавлена цифра, указывающая модификацию типа. В обозначении типа галогенных ламп, например АГ 12-60+55, дополнительно введены буквы: К — кварцевая и Г — галогенная. Для фар головного освещения с европейской системой светораспределения выпускается единая двухнитевая лампа со специальным унифицированным фланцевым цоколем типа P45t/41. Фланец ступенчатой формы напаян на цоколь диаметром 22 мм. Наличие двух базовых опорных поверхностей фланца позволяет применять лампу в оптических элементах фар с фокусными расстояниями 27 и 22 мм. Лампа имеет три штекерных вывода под контактную колодку, вставляется в оптический элемент с задней стороны отражателя и закрепляется пружинящими защелками.

Международными нормами установлены четыре категории галогенных ламп: Н1, Н2, Н3 и Н4. В одонитевых лампах Н1 и Н2 нить накала в виде прямого цилиндра расположена вдоль оси цоколя. Лампа Н2 практически не выпускается. Нить накала лампы Н3 закреплена на электродах перпендикулярно к оси цоколя. Лампа Н4 имеет нити дальнего и ближнего света. Лампа Н4 предназначена для фар с европейской системой светораспределения, но не взаимозаменяема с лампой Н1. Галогенные лампы разных категорий отличаются цоколями и имеют специальные фланцы, которые исключают их применение в обычных фарах головного освещения.

Двухнитевые галогенные лампы АГ 12-60+55 и АГ 24-75+70 (категория Н4) предназначены для головных фар с европейской системой светораспределения, а одонитевые АГ 12-55-1, АГ 24-70-1 и АГ 12-55-1, АГ 24-70-1 — для прожекторов и противотуманных фар.

Светосигнальные фонари обеспечивают необходимые светотехнические характеристики при силе света 1...700 кд. Номинальная мощность ламп светосигнальных фонарей не превышает 21 Вт. Установлены пять категорий ламп для светосигнальных фонарей и четыре категории ламп малой мощности для габаритных фонарей, внутреннего освещения салона, кабины, багажного отделения и др.

Для сигналов торможения и указателей поворота выпускаются лампы А 12-11-3 и А 24-21-2 с штифтовым цоколем BA15s/19. Двухнитевая лампа А 12-21+5 с цоколем BAУ15d предназначена для фонарей, совмещающих функции габаритного огня и сигнала торможения. В габаритные фонари устанавливают одонитевые лампы

А 12-5-1 и А 24-5-1 с цоколем BA15s/19. Выпускают также софитные лампы АС 12-5-1 и АС 24-5-1 с цоколем SV8,5/8, а для освещения приборов, блоков контрольных ламп и световых табло — лампы А 12-1, А 24-2, А 12-1,2, А 24-2, АМН 12-3-1 и АМН 24-3. Миниатюрный цоколь BA9s/14 имеет одонитевая лампа А 12-3-1.

Светодиоды — источники света нового поколения (табл. 7.6). Светодиоды обладают значительно бóльшей надежностью. Их срок службы превышает срок службы самого автомобиля. Кроме того, изделие, выполненное на светодиодных материалах, сохраняет свое функциональное назначение при выходе из строя одного или даже нескольких светодиодов, в то время как при перегорании нити накаливания лампы изделие полностью прекращает выполнять свои функции.

Зависимости изменения интенсивности свечения от времени при включении светодиодов и ламп накаливания различны. Если необходимой силы света (интенсивности свечения) светодиод до-

Таблица 7.6. Сравнительный анализ автомобильных ламп накаливания и светодиодов			
Показатель	Лампы накаливания	Светодиоды	Преимущества светодиодов
Срок службы, ч	500	До 10000	Большой срок службы (но более высокая стоимость светодиода)
Цвет	Наличие фильтра	Все цвета	Отсутствие фильтра
Потребляемая мощность, Вт	21	5	Меньшая потребляемая мощность
Температура колбы, °С	300	30	Меньшее выделение теплоты
Длительность включения	200 мс	1,4 мкс	Повышение безопасности автомобиля
Вибрационная и ударная устойчивость	Невысокая	20g при частоте вибрации 20...2000 Гц; 1500g в течение 0,5 ч	Высокая вибрационная и ударная устойчивость

Примечание. *g* — ускорение свободного падения, *g* = 9,81 м/с².

стигает за 1,4 мкс, то лампа накаливания мощностью 21 Вт — лишь 75 % уровня нормируемой силы света за время, превышающее 200 мс. Это означает, что при нормальной реакции водителя, например, на сигнал торможения при скорости 120 км/ч произойдет сокращение дистанции между движущимися друг за другом автомобилями на 5...6 м.

Вольтамперная характеристика светодиода аналогична вольтамперной характеристике обычного диода с $p-n$ -переходом и со всеми присущими ему недостатками: прежде всего это температурная зависимость, составляющая для диода в прямом направлении $2 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$. Для светодиодов это важно, так как температура влияет не только на интенсивность свечения, но и на спектр излучения. Изменение длины волны излучения для светодиода при изменении температуры составляет $0,1 \text{ нм}/^\circ\text{C}$.

В связи с тем что температура полупроводникового перехода определяется в первую очередь силой тока, особое внимание уделяется выбору и поддержанию (стабилизации) его заданной величины. У автомобильных светодиодов сила тока в прямом направлении составляет примерно 20 мА, у суперультраярких светодиодов — 80 мА, у слаботочных светодиодов — 1...2 мА.

Технические решения по стабилизации тока определяются качеством напряжения питания. При стабильности питающего напряжения достаточно использовать резистор, через который один или группа светодиодов подключаются к источнику энергии. Для такого случая выпускаются светодиоды со встроенным резистором на 5 или 12 В.

Не рекомендуется параллельное или смешанное соединение группы светодиодов, так как из-за разброса их параметров, хотя все светодиоды разбиты по классам, сила тока в них не будет одинаковой и, следовательно, интенсивность свечения будет различной. Рекомендуется подключать светодиоды к бортовой сети через стабилизаторы тока на транзисторах.

Для больших групп светодиодов целесообразно использование стабилизированных источников тока. В схему вводят диоды, защищающие светодиоды от импульсов обратной полярности; импульсные помехи нейтрализуются с помощью конденсатора и двух диодов. Стабилизированные источники поддерживают заданные значения силы тока в диапазоне напряжения от 9 до 16 В.

В зависимости от условий применения светодиоды могут иметь разное конструктивное исполнение. В зависимости от варианта монтажа можно получить различные размеры светодиодов по горизонтали и вертикали.

Светодиоды с дополнительными оптическими элементами могут обеспечивать светотехнические характеристики, аналогичные сверхминиатюрным лампам накаливания с формированием требуемого светового потока в одной или двух плоскостях.

Появление сверхярких автомобильных диодов и замена ламп накаливания открывает перед конструкторами дополнительные возможности по дизайну кузова автомобиля, особенно если светодиоды используются в конструкции габаритных фонарей, сигналов торможения, указателей поворота и их боковых повторителей.

7.6. ПРИБОРЫ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ И СИГНАЛИЗАТОРЫ

Внутреннее освещение — это светотехнические приборы, которые размещены в кабине водителя грузового автомобиля, салоне легкового автомобиля или автобуса, подкапотном пространстве, багажном отделении, вещевом ящике. Все внутренние помещения освещаются лампами небольшой мощности.

Кабина водителя грузового автомобиля и салон легкового автомобиля освещаются одним—тремя светильниками-плафонами (рис. 7.18). Неслепящий рассеянный свет обеспечивается применением рассеивателя из специального материала (матированного

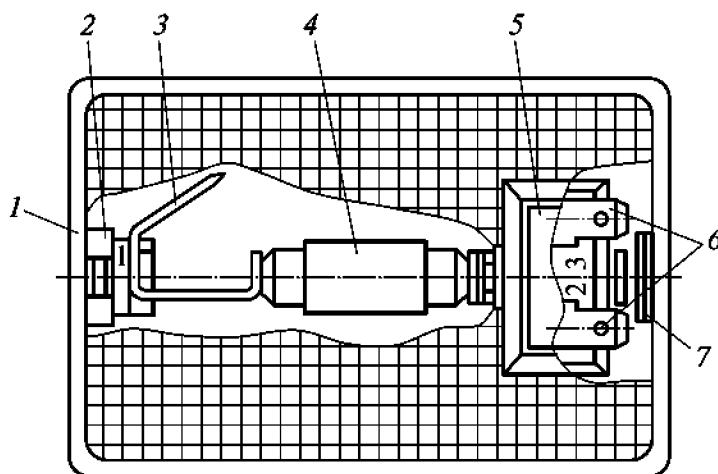


Рис. 7.18. Плафон освещения салона автомобиля:

1 — корпус; 2 — пружинный фиксатор; 3 — штекерный наконечник; 4 — лампа; 5 — переключатель ручного включения; 6 — штекерные наконечники проводов, соединенные с «массой»; 7 — фиксирующий упор

или диффузно пропускающего свет). Матированную поверхность с внутренней стороны рассеивателя получают после определенной механической или химической обработки. Коэффициенты пропускания и отражения матированных поверхностей находятся в пределах соответственно 0,74...0,83 и 0,14...0,09. Диффузно пропускающие свет стекла («молочные») распределяют проходящий через них световой пучок в телесном угле 2π стерадиан. Молочные стекла для плафонов имеют коэффициенты пропускания и отражения соответственно 0,38...0,53 и 0,40...0,32.

В салоне автобуса на высоте 1 м от пола освещенность составляет 60...80 лк. При использовании ламп накаливания с низкой световой отдачей (8...10 лм/Вт) в салоне устанавливают большое число плафонов, что не всегда приемлемо ввиду ограниченной мощности генератора. Лампы накаливания, установленные в плафонах, используют для освещения при длительных стоянках автобуса. Для освещения салонов автобусов применяют в основном люминесцентные лампы ЛБ-15 мощностью 15 Вт и ЛБ-30 мощностью 30 Вт со световой отдачей 42 и 58 лм/Вт.

Люминесцентные лампы подключены к сети постоянного тока напряжением 12 или 24 В через преобразователи, на выходе которых переменный ток имеет напряжение 127 или 220 В и частоту 24 кГц. При повышенной частоте обеспечивается лучшее пережигание во время переходов напряжения через нуль, снижается шум и исчезает стробоскопический эффект. Каждый преобразователь рассчитан на один светильник. Этим исключается необходимость прокладки между светильниками высоковольтных проводов и повышается электробезопасность.

Люминесцентные лампы имеют больший, чем лампы накаливания, срок службы.

Конструкции подкапотного фонаря, фонарей освещения багажного отделения и вещевого ящика зависят от их назначения. Подкапотный фонарь имеет поворотный колпак, перекрывающий световые лучи от лампы, направленные в глаза водителя или механика. Фонарь освещения багажного отделения обычно защищен от возможного повреждения грузом. Светотехнические характеристики этих приборов не нормированы.

Необходимая освещенность шкал контрольно-измерительных приборов и циферблатов часов в темное время суток достигается встроенными в них лампами накаливания А 12-4, АМН 12-3, А 24-2, АМН 24-3 и другими мощностью 0,8...4 Вт. Комбинации приборов в общем корпусе с одним стеклом освещаются аналогично отдельным приборам. При печатном монтаже приборных панелей пер-

спективно применение бесцокольных ламп с гибкими металлическими выводами, впаянными в стеклянный баллон.

Эффективность освещения прибора или комбинации приборов улучшается, если цвет лампы соответствует цвету шкалы. Так, черная шкала с белыми цифрами и красными концами стрелок лучше видна при освещении зеленым светом. Число ламп, необходимых для освещения контрольно-измерительных приборов, можно сократить при использовании световодов, которые представляют собой гибкий стержень или жгут тонких волокон из оптически про-

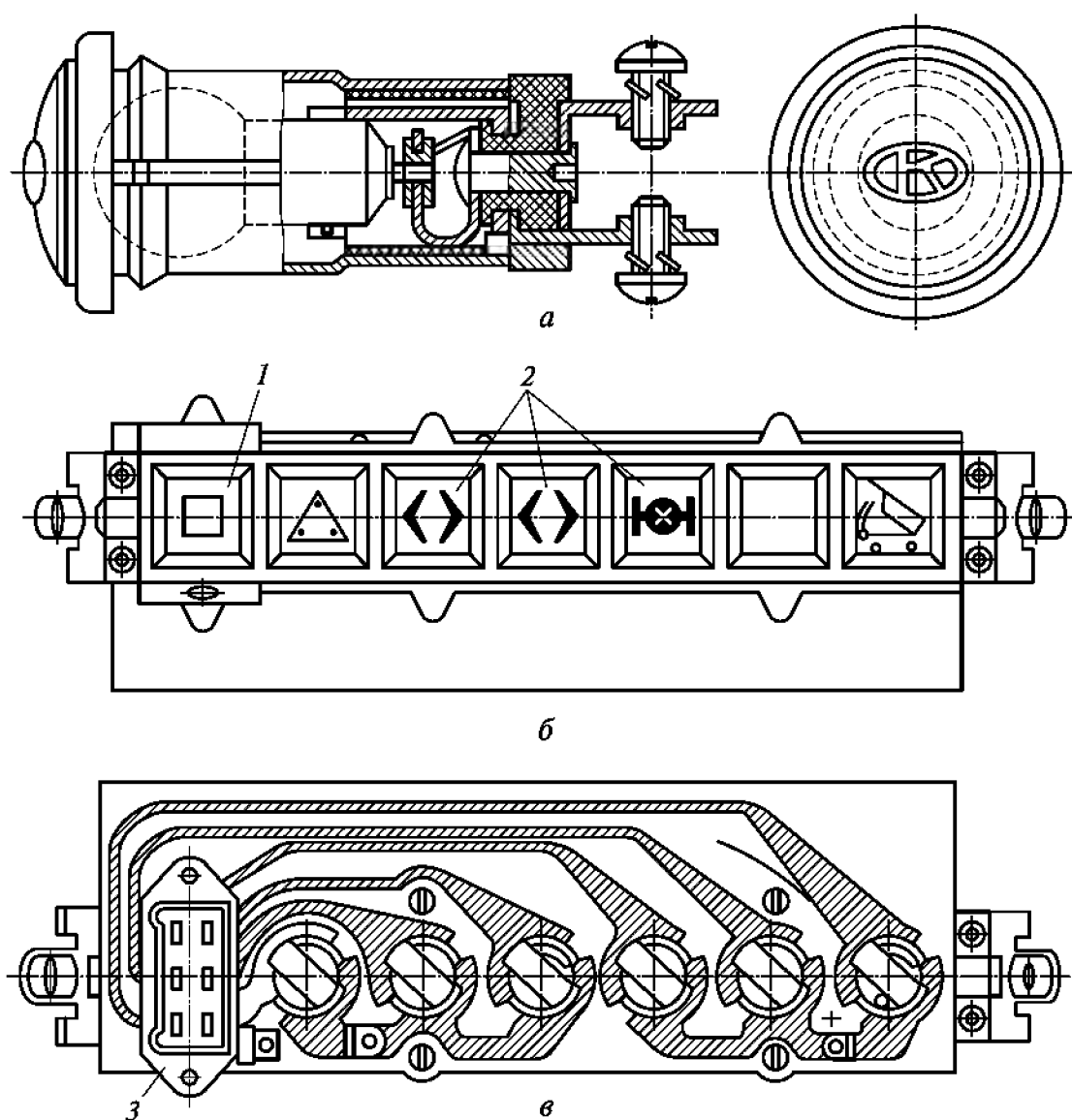


Рис. 7.19. Сигнализаторы:

а — отдельный сигнализатор; *б* — блок сигнализаторов; *в* — печатный монтаж блока сигнализаторов; 1 — кнопка проверки исправности ламп блока; 2 — сигнализаторы; 3 — соединительная колодка

зрачного материала. Достаточно установить лампу у одного из торцов световода, чтобы из другого торца или отвода получить необходимую освещенность в любых местах панели приборов.

Контрольные лампы и сигнализаторы применяются наряду со стрелочными контрольно-измерительными приборами и приборами различного назначения с цифровой индикацией. Оптические сигнализаторы дополняют контрольно-измерительные приборы или дублируют их, информируя водителя о возникновении критических или аварийных ситуаций в различных системах автомобиля. К оптическим сигнализаторам относятся контрольные лампы заряда аккумуляторной батареи, аварийного понижения давления в смазочной системе двигателя, включения габаритных огней, стояночной тормозной системы и др.

Оптические сигнализаторы имеют разные цвета: красный сигнализирует об аварийных или критических ситуациях, голубой используют для контрольных ламп включения дальнего света, зеленый мигающий — для сигнализатора исправной работы указателей поворота. Желтые светофильтры используют в сигнализаторах включения дополнительных приборов, например противотуманных фар, отопителей и т.д. Для различения одноцветных сигнализаторов различного функционального назначения на их светофильтры наносят пиктограммы — схематические рисунки.

Оптический сигнализатор может быть выполнен в виде отдельного прибора или встроен в комбинацию приборов (рис. 7.19). Несколько сигнализаторов могут быть объединены в блок с общим корпусом. В блоках сигнализаторов предусмотрена контрольная кнопка, при нажатии которой проверяют исправность всех контрольных ламп.

7.7. ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ

Звуковые сигналы по характеру звучания подразделяют на шумовые и тональные, по устройству — на рупорные и безрупорные. Шумовые звуковые сигналы являются безрупорными, тональные звуковые сигналы — рупорными.

Звуковой сигнал выступает также элементом противоугонных систем.

Электроснабжение сигналов постоянным током осуществляется от электросети автомобиля.

Принцип работы шумовых и тональных сигналов аналогичен. Основным их исполнительным элементом является электромаг-

Таблица 7.7. Технические характеристики звуковых сигналов производства ОАО «ЛЭТЗ» номинальным напряжением 12 В и области их применения						
Тип сигнала	Потребляемый ток, А	Звуковое давление, дБ	Основная частота колебаний мембраны, Гц	Конструктивные особенности	Область применения	
C40-B, C40-B-06	—	108...118	—	Рупорные пневматические	ЗИЛ, КамАЗ, УралАЗ, КрАЗ, БелАЗ	
C302-A C303-A	14,0 14,0	105...118	340...390 420...480	Комплект безрупорных сигналов	ГАЗ, ЛиАЗ, ПАЗ	
C308 C309	7,5 7,5	105..118 105...118	400...430 489...510	Комплект рупорных сигналов	ВАЗ-2103, -2106, -2107, «Москвич-2141», ИЖ-2126	
20.3721	5,0	105...118	430...490	Безрупорный	ВАЗ-2110	

нит, катушка которого подключается к сети электроснабжения через контакты прерывателя. Якорь электромагнита связан со звукоизлучающей мембраной.

При протекании тока по катушке электромагнита его якорь притягивается к сердечнику и мембрана прогибается. Одновременно происходит размыкание контактов прерывателя, катушка электромагнита обесточивается, якорь под действием упругой силы мембраны возвращается в исходное положение, замыкая контакты прерывателя. Таким образом, процесс притягивания и отпускания якоря становится периодическим, возникают колебания якоря вместе с мембраной. От частоты колебаний якоря зависит высота тона излучаемого звука. По основной частоте звука сигналы подразделяют на сигналы высокого и низкого тонов.

На автомобилях параллельно включают сигналы высокого и низкого тонов. Основные звуковые частоты этих сигналов гармонично сочетаются, обычно они отличаются на 65... 100 Гц.

Звуковые сигналы характеризуются уровнем звукового давления (в децибелах) и спектром звуковых частот. Наиболее хорошо слышны в потоке движущихся автомобилей звуковые сигналы с частотным спектром 1800... 3550 Гц.

Чтобы исключить влияние массы автомобиля на звуковой сигнал, применяют его рессорную подвеску.

Возникающее при движении автомобиля вихревое движение воздуха изменяет слышимость сигнала. Чем больше скорость автомобиля, тем меньше расстояние, на котором слышен сигнал.

Технические характеристики звуковых сигналов приведены в табл. 7.7.

7.8. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ, СВЕТОВОЙ И ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Как отмечалось ранее, на световой поток светотехнических приборов сильное влияние оказывает напряжение генераторной установки, поэтому при ТО-1 и ТО-2 в первую очередь диагностируют напряжение на выходе генератора. Следующим важным моментом является проверка и измерение падения напряжения в силовых цепях световых приборов. Падение напряжения в электрической цепи от выключателя света до ламп мощностью не более 15 Вт должно быть от 0,1 до 0,6 В; для ламп не менее 15 Вт — от 0,5 до 0,9 В, а в электрических цепях от выключателя света до фар — от 0,3 до 0,8 В.

Частичная или полная потеря контакта в клеммах светотехнических приборов или между минусовым проводом и кузовом автомобиля вызывает нарушения в их работе. Плохой плюсовой контакт сопровождается снижением светоотдачи от ламп, а потеря «массы» приведет к тому, что электрический ток будет проходить через другие лампы многофункциональных приборов, например заднего фонаря. Это вызовет самопроизвольное включение других секций прибора. Вместо стоп-сигнала загорится сигнал указателя поворота или заднего хода. В связи с возникновением такой ситуации проверку работы светотехнических приборов производят при одновременном включении секций фонаря.

Важным моментом эксплуатации изделий светотехники и световой сигнализации является правильность применения источников света. Установка несоответствующих фонарю ламп снизит его информативность, например, бесцветная лампа в указателе поворота с бесцветным рассеивателем или оранжевая лампа в габаритном фонаре нарушают цветность сигнала, что запрещено. Лампа с оранжевой колбой в любом фонаре с цветным рассеивателем или слабая по мощности снизит силу света прибора. Применение ламп повышенной мощности приведет к перегреву фонаря, оплавлению его пластмассовых деталей, подгоранию контактов управляющих реле или переключателя, перегоранию проводников печатных плат, оплавлению изоляции, замыканию в проводке. При перегорании ламп в светотехнических приборах их меняют, при этом необходимо восстанавливать предусмотренную конструкцией герметичность фонаря и штекерного соединения.

Наиболее часто при диагностировании приходится производить регулирование установки фар из-за ее нарушения в процессе эксплуатации. Неправильная установка фары в темное время суток повышает вероятность дорожно-транспортного происшествия. Нарушения установки фар связаны с ослаблением или самоотвертыванием крепящих элементов и регулировочных винтов, смещением центра тяжести автомобиля из-за проседания подвески, а также с заменой источника света.

Регулирование фар производят реглоскопом или прибором типа ПРАФ-9, либо с помощью специально размеченного экрана, соответствующего расположению фар на автомобиле. Перед регулированием света фар устанавливают давление воздуха в шинах в соответствии с инструкцией по эксплуатации, автомобиль, полностью заправленный и снаряженный (с нагрузкой на сидение водителя 75 кгс), устанавливают на ровной, горизонтальной площадке в 5 м от экрана. Фары регулируют по одной, закрывая вторую фару.

Таблица 7.8. Основные неисправности систем освещения и световой сигнализации, их диагностирование и способы устранения		
Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Все светотехнические приборы и приборы световой сигнализации не работают</i>		
Неисправен переключатель или включатель	Проверку осуществляют вольтметром последовательно по цепи от переключателя до прибора	При необходимости переключатель или включатель меняют
Отсоединилась клеммная коробка от переключателя	Проверяют вольтметром последовательно по цепям	Восстанавливают соединение
Обрывы в цепи освещения, проводки, старение предохранителей, окисление контактов в патроне лампы, короткие замыкания	Проверяют вольтметром и тестером последовательно все цепи от «+» батареи до светотехнического прибора	Обнаруженные места обрывов и коротких замыканий устраняют. Предохранители и патроны ламп меняют
<i>Не горит одна из ламп световых приборов</i>		
Перегорела нить (спираль) лампы	Проверяют тестером	Сгоревшую лампу меняют
Окислился патрон или цоколь лампы	Проверяют тестером и визуально	Очищают от окислов место контакта и после установки лампы смазывают контактный узел Литолом-24
Ненадежный контакт в патроне из-за поломки контакта или брака производства	Проверяют визуально	Меняют патрон на новый

Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
Неисправен переключатель из-за попадания грязи или из-за износа механизма переключения	Проверяют электрическую схему переключателя	При необходимости переключатель меняют на новый
<i>Лампы горят неполным накалом</i>		
Регулируемое напряжение генератора ниже нормы	Проверяют напряжение на выходе генератора вольтметром	Регулируют напряжение или меняют регулятор напряжения
Колба лампы затемнена парами вольфрама из нити (спирали)	Проверяют визуально, достав лампу из патрона	При необходимости заменяют лампу
Большое падение напряжения в патроне, контактах из-за окисления или ослабления контакта	Проверяют вольтметром последовательно по цепи прибора	Окисленные места очищают, восстанавливают контакт и смазывают Литолом-24
Замыкание в проводке на «массу» из-за разрушения изоляции и попадания влаги	Измеряют сопротивление изоляции и определяют место замыкания тестером	Неисправные участки провода заменяют
<i>Мигание или нестабильная работа световых приборов при работающем двигателе</i>		
Люфт ламп в патронах или ослабление крепления концевиков проводов	Проверяют визуально	Меняют неисправные патроны и подтягивают крепление
Короткие замыкания проводки на «массу» частичные или периодически повторяющиеся в процессе вибрации	Проверяют тестером или контрольной лампой; визуальный контроль изоляции проводки	Меняют поврежденные участки проводки

Частичный обрыв или излом жилы провода от вибрации	Визуальный контроль проводки электроснабжения приборов	Меняют поврежденные участки проводки
<i>Фары плохо освещают дорожное полотно</i>		
Нарушение регулировки фар	Проверяют прибором ПРАФ-9 или с помощью разметки экрана	Регулируют установку фар в соответствии с нормами
Повреждение или потускнение отражателя фар	Проверяют визуально	Оптический элемент меняют на новый
Загрязнение рассеивателя фары	Проверяют визуально	Очищают рассеиватель
Затемнение колбы лампы, вибрация плохо закрепленного оптического элемента	Проверяют визуально	Меняют лампу, крепят оптический элемент в соответствии с инструкцией по эксплуатации
Смещение центра масс автомобиля из-за неправильной загрузки или давление в шинах не соответствует норме	Определяют визуально на ровной площадке	При наличии корректора фар меняют регулировку, давление в шинах устанавливают согласно инструкции
<i>Не работает указатель поворота в режиме маневрирования и аварийной сигнализации</i>		
Перегорели предохранители в цепях указателей поворота	Проверяют целостность предохранителей тестером	При обнаружении короткого замыкания его устраняют, предохранитель меняют
Плохой контакт в штекерных соединениях предохранителей	Проверяют надежность соединений	Устраняют ненадежное соединение штекера
Вышел из строя выключатель аварийной сигнализации	Проверяют вольтметром или контрольной лампой	При необходимости меняют выключатель

Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
Неисправно реле-прерыватель указателей поворота	Проверяют контрольной лампой	Ремонтируют или меняют на новый реле-прерыватель
<i>Не включается или не выключается сигнал торможения</i>		
Неисправен выключатель сигнала торможения	Проверяют контрольной лампой или тестером	При необходимости меняют выключатель на новый
Отсоединились провода от выключателя сигнала торможения	Проверяют визуально и с помощью тестера	Устраняют плохое соединение
Неправильно отрегулирован ход выключателя при установке	Проверяют контрольной лампой или тестером	Регулируют ход выключателя, при необходимости устанавливают новый
<i>Лампы указателей поворотов горят без прерывания</i>		
Спекание контактов исполнительного реле прерывателя	Проверяют тестером или контрольной лампой	При необходимости зачищают контакты и регулируют зазор
<i>Не работает контрольная лампа указателя поворотов</i>		
Перегорела одна из ламп указателя поворотов	Проверяют тестером	Меняют сгоревшую лампу
<i>Не фиксируется или не перемещается рычаг переключателя указателей поворотов</i>		
Разрушилось гнездо фиксатора рычага	Проверяют при снятии фиксатора с автомобиля и его разборке	При необходимости меняют на новый

Выскочил шарик фиксатора из гнезда	То же	Ремонтируют переключатель
Заедание шариков фиксаторов, сектора возврата рычага		При необходимости меняют на новый переключатель
Указатели поворотов не выключаются автоматически после завершения маневра		
Сильный износ механизма возврата рычага в нейтральное положение или его разрушение	Проверяют после снятия переключателя с автомобиля и его разборки	При необходимости переключатель меняют на новый
Не переключается ближний или дальний свет		
Окислились контакты переключателя фар	Проверяют тестером, измеряют переходное сопротивление	Разбирают переключатель и зачищают контакты
Быстрое перегорание нити (спирали) ламп		
Повышенное напряжение бортовой сети	Проверяют вольтметром напряжение генератора	Регулируют или меняют регулятор напряжения
Ослабление крепления лампы в патроне	Проверяют визуально	Меняют патрон

Таблица 7.9. Основные неисправности звуковых сигналов, их диагностирование и способы устранения		
Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
<i>Звук сигнала гребезжащий или слабый при нормальном напряжении генератора</i>		
Дефект мембраны или вибрационного диска	Проверяют при разборке сигнала	При необходимости меняют на новый сигнал
Нарушено крепление сигнала	Проверяют визуально	Подтягивают болты крепления сигнала
<i>Непрерывное звучание или самопроизвольное включение сигнала</i>		
Короткое замыкание во включателе сигнала	Проверяют тестером	Устраняют замыкание в включателе сигнала
Залипание или спекание контактов реле включения сигнала	Проверяют тестером	При необходимости меняют реле на новое
Замыкание на «массу» в цепи включатель — реле — сигнал	Проверяют тестером последовательно цепь сигнал — включатель — «масса»	Устраняют замыкание
<i>Звуковой сигнал не работает, но потребляет ток</i>		
Разрегулировано реле сигнала	Проверяют тестером	Реле регулируют
Замыкание подвижной и неподвижной пластин из-за разрушения изоляции	Проверяют тестером сопротивление изоляции между пластинами	Меняют изоляционные шайбы под винтами
<i>Звуковой сигнал не звучит при нормальном напряжении бортовой сети</i>		
Окислились или подгорели контакты прерывателя сигнала	Проверяют тестером или вольтметром	Зачищают и регулируют зазор между контактами
Неисправно реле сигнала		Меняют реле на новое

Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
Сгорел предохранитель в цепи сигнала или окислились штекерные или винтовые клеммы	Проверяют тестером или вольтметром	Меняют предохранитель, очищают контактные соединения
Разрегулировался сигнал, возникли замыкания или обрывы обмотки катушки сигнала	Проверяют вольтметром, тестером или контрольной лампой	При необходимости регулируют или меняют сигнал

Основные неисправности систем освещения и световой сигнализации приведены в табл. 7.8.

Основные неисправности звуковых сигналов приведены в табл. 7.9.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные функции системы освещения, световой и звуковой сигнализации?
2. Перечислите основные конструктивные схемы головного света.
3. Чем отличается американская система светораспределения от европейской?
4. Какие источники света применяются в головных световых приборах?
5. Чем отличается блок-фара от фар головного освещения?
6. Каковы конструктивные особенности оптического элемента фары?
7. Каковы конструктивные особенности задних фонарей?
8. Каковы основные особенности конструкции световых указателей?
9. Какие основные источники света применяются в световых приборах?
10. Расскажите об основных Правилах ЕЭК ООН.
11. Как диагностируют световые приборы?

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Назначением информационно-измерительных систем контроля и диагностирования является снабжение водителя информацией о режиме работы двигателя, скорости движения, работоспособности и состоянии автомобиля в целом, а также отдельных его агрегатов, особенно электронных систем управления. Конструктивно информационно-измерительные системы контроля могут изготавливаться как отдельные изделия в виде указательных приборов или в виде объединений приборов в щитки или комбинации приборов. Объединение приборов в щитки и комбинации приборов повышает их основной, качественный параметр — информативность, обеспечивает компактность установки и упрощает монтаж приборов в кабине автомобиля (трактора) за счет применения печатного монтажа всего щитка.

Информативность информационно-измерительных систем контроля оценивается временем, необходимым для правильного считывания информации или количеством ошибок в считывании информации при ограниченном времени считывания.

Уровень информативности обеспечивается конструкцией, как самих указательных приборов, так и компоновкой их на приборном щитке.

При размещении приборов на приборном щитке используется зонально-функциональный принцип: наиболее важные, связанные с безопасностью движения транспортного средства указательные приборы, к которым водитель часто обращается, размещаются в центральной зоне, а приборы, обращение к которым производится достаточно редко, устанавливаются в зонах меньшей информативности.

По способу отображения информации приборы информационно-измерительных систем контроля подразделяются на указывающие и сигнализирующие. Указывающие приборы имеют шкалу, на которой указываются тем или иным способом значения измеряемой величины, сигнализирующие приборы информируют водителя об одном, как правило, аварийном значении измеряемого параметра звуковым или световым сигналом.

Отражение показаний приборов на ветровом стекле с помощью новых технологий повышает информативность приборного щитка, и водитель считывает показания приборов, не отрывая глаз от дороги.

Повышению информативности указательных приборов способствует расцветка шкал по зонам, соответствующим важности информации: нормально — зеленый цвет, предупреждение — желтый, аварийные значения — красный. Цифры на шкале должны располагаться вертикально, а для вращающихся шкал — вертикально при приближении к неподвижному указателю; подсветка шкал не должна создавать бликов на защитном стекле. Для аварийных сигнализаторов применяется красный мигающий свет с частотой 3...5 Гц.

Каждый указательный прибор отражает измеряемую величину с некоторой погрешностью — абсолютной или относительной — по отношению к действительному значению. Эта погрешность складывается из двух частей: основной, свойственной нормальным условиям эксплуатации и дополнительной, вызываемой воздействием внешних условий — изменением окружающей температуры, напряжения питания и т. п. Величины погрешностей характеризуют точность прибора. Приборы информационно-измерительных систем контроля имеют невысокую точность, и лишь в наиболее ответственных для безопасности движения участках шкалы точность их повышается. Приборы характеризуются также порогом чувствительности — способностью реагировать на минимальное значение измеряемой величины и самой величиной чувствительности — отношением перемещения конца стрелки к соответствующему изменению измеряемой величины.

По своему конструктивному исполнению приборы подразделяют на механические и электрические. Отдельный класс составляют электронные измерительные системы. В механических приборах используют для передачи воздействия на стрелку от места измерения механические, пневматические или иные передачи. В настоящее время приборы такого типа мало применяются на автомобилях (в основном, в качестве шинных манометров).

Электрические приборы информационно-измерительных систем контроля состоят из датчика и указателя (приемника). Датчик преобразует измеряемую физическую величину в электрический сигнал. В приемнике этот сигнал преобразуется в физическую величину, доступную для считывания водителем. На автомобилях и тракторах применяются электрические измерительные приборы, в основном, магнитоэлектрической, электромагнитной и импульсной систем.

Электронные измерительные системы расширяют информативность, как по количеству контролируемых параметров, так и по способам отображения информации. В таких системах приборный щиток может быть заменен дисплеем.

По своему назначению приборы информационно-измерительных систем контроля подразделяются на термометры, измерители давления, измерители уровня топлива, измерители зарядного режима аккумуляторной батареи, измерители скорости автомобиля и пройденного пути (спидометры, одометры), измерители частоты вращения двигателя (тахометры), эконометры и тахографы.

8.2. КОНСТРУКЦИИ УКАЗАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ДАТЧИКОВ

Указатели давления информируют об измеренном давлении в смазочной системе двигателя, в системе пневматических тормозов и в системе централизованной подкачки шин. В них используются магнитоэлектрические логометрические указатели давления с мембранными датчиками, имеющими реостатный выход, или приборы импульсной системы.

Основной измерительный элемент датчиков давления — мембрана: плоская или гофрированная пластина, выполненная из какого-либо эластичного материала и жестко зажатая по краям. Герметичная полость датчика, расположенная под мембраной, должна соединяться через штуцер с местом измерения давления. В большинстве случаев мембрану снабжают жестким центром, на котором укрепляют устройство, связывающее мембрану с передающим механизмом. С изменением давления мембрана прогибается и ее жесткий центр перемещается. Перемещение жесткого центра определяет величину измеряемого давления, однако связь между ними не линейна.

Отличие датчиков давления друг от друга в основном состоит в том, как в них перемещение жесткого центра преобразуется в

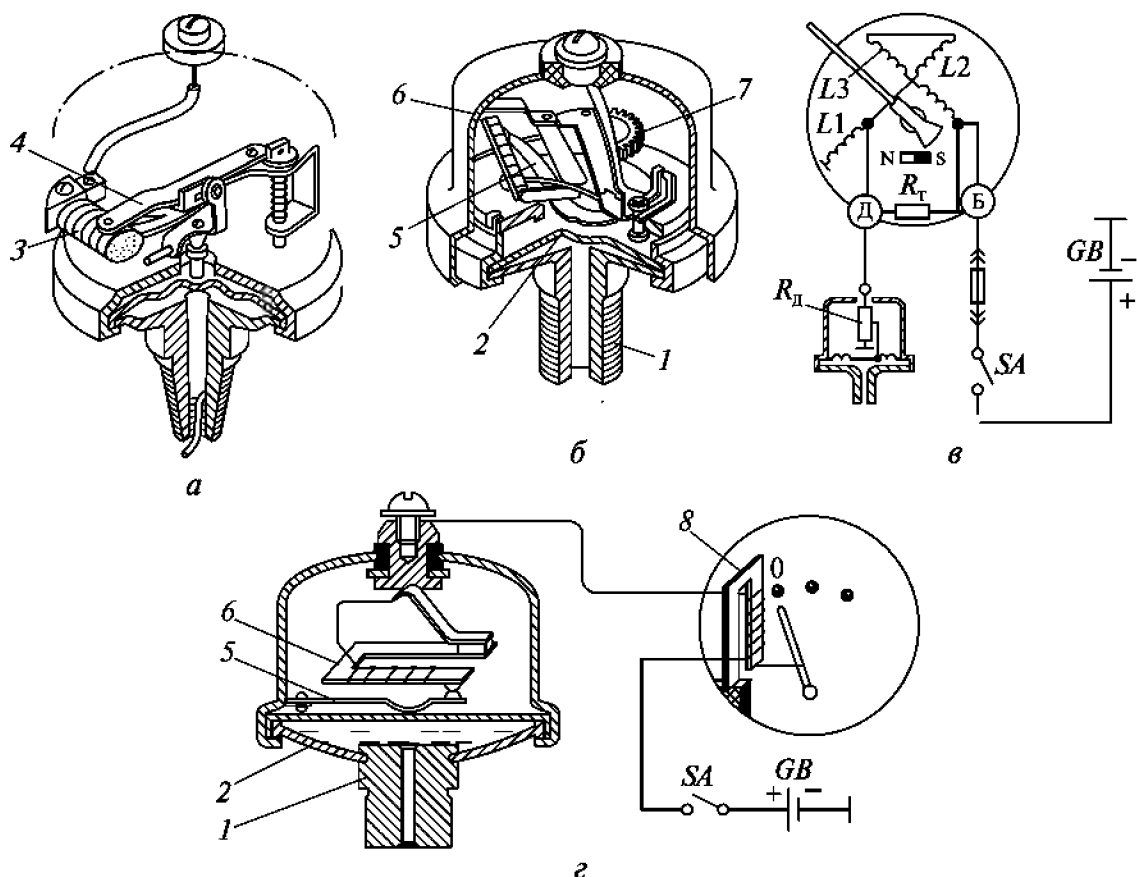


Рис. 8.1. Датчики давления масла:

а — с реостатным выходом; *б* — импульсной системы; *в* — структурная схема с логометрическим измерителем; *г* — структурная схема импульсной системы; 1 — штуцер; 2 — мембрана; 3 — реостат; 4 — движок реостата; 5 — пластина неподвижного контакта; 6 — биметаллическая пластина со спиралью и подвижным контактом; 7 — регулятор; 8 — биметаллическая пластина указателя; $L1$ – $L3$ — обмотки логометра; $R_{д}$, $R_{т}$ — резисторы датчика и термокомпенсации; SA — выключатель; GB — аккумуляторная батарея

электрический сигнал. Это зависит от системы измерения, в которой используется датчик. На рис. 8.1, *а* изображен датчик давления, снабженный реостатным выходом. Толкатель, закрепленный на жестком центре мембраны, через качалку передает усилие ползунку реостата, который поворачивается вокруг своей оси. Возвратное движение ползунка происходит под действием пружины. Ползунок соединен с массой корпуса датчика, и изменение сопротивления реостата происходит между его выводом и «массой».

В датчике импульсной системы, представленной на рис. 8.1, *б*, на жесткий центр мембраны опирается выступ упругая пластина с контактом, соединенным с «массой». Другой контакт закреп-

плен на плече П-образной биметаллической пластины с навитой на нем спиралью. Один конец спирали приварен к пластине, другой соединен через упругий проводник с выводом датчика.

Второе плечо П-образной биметаллической пластины закреплено на упругом держателе, положение которого можно изменить поворотом воздействующего на него регулятора. Это позволяет осуществлять настройку датчика за счет изменения первоначального усилия соприкосновения контактов друг к другу. Изменение давления перемещает жесткий центр мембраны, при этом меняется соприкосновение контактов друг к другу и соответственно изменяется относительное время нахождения их в замкнутом состоянии при нагреве биметалла током, протекающим через спираль. Указатель с реостатным датчиком представлен на рис. 8.1, в, с импульсной системой — на рис. 8.1, г.

Датчики (сигнализаторы) аварийного давления также имеют мембрану, на жесткий центр которой опирается рычаг выключателя, замыкающий контакты, если давление превышает заданные пределы или (в зависимости от назначения датчика) если давление падает ниже допустимых пределов. Технические характеристики некоторых датчиков давления и области их применения представлены в табл. 8.1.

Указатели зарядного режима аккумуляторной батареи — приборы, к которым относятся амперметры или вольтметры, служащие для определения процесса заряда батареи от генератора. Амперметры встречаются на современных автомобилях все реже, так как последовательное включение их в цепь батареи создает дополнительное падение напряжения в этой цепи и неблагоприятно сказывается на режиме заряда батареи.

По конструкции автомобильные амперметры и вольтметры близки к общепромышленным щитовым приборам магнитоэлектрической системы: измеряемая величина подводится к обмотке, магнитный поток которой воздействует на постоянный магнит. Конструкция может выполняться с подвижным магнитом, связанным со стрелкой или подвижной катушкой.

У амперметра измерительная катушка подключена к шунту, по которому протекает измеряемый ток, измерительная же цепь вольтметра включается непосредственно в место измерения напряжения.

Шкала вольтметра имеет пределы от 8 до 16 В и снабжена разноцветными секторами: красным (напряжение 8... 11 В — батарея не заряжается), белым (11... 12 В — у батареи недостаточная зарядка), зеленым (12... 15 В — заряд батареи и работа генераторной

Таблица 8.1. Технические характеристики датчиков давления и области их применения							
Тип датчика	Номинальное напряжение, В	Максимальное давление, МПа	Давление замыкания контактов, МПа	Вид сигнализатора	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
ММ1	12, 24	1,0	—	Приемник УК170М	0,200	АО «ЭЛПРИ»	МАЗ, КамАЗ, АЗЛК, ВАЗ
ММ393А	12	0 ... 0,8	—	Приемник 12.3810, 18.3810	0,190	ООО «Авто-прибор»	ВАЗ
В10.3829	12, 24	0,5	0,04 ... 0,08	Контрольная лампа	0,035	ФГУП ВПО «Точмаш»	ГАЗ
ММ120Д-3810.600	12	0,7	0,02 ... 0,06	То же	0,030	ГАО «РАР» (Латвия)	ВАЗ
ММ358	12, 24	0 ... 0,6	—	Магнитоэлектрический	0,195	ООО «Авто-прибор»	ГАЗ, УАЗ
ММ355	12, 24	0 ... 1,0	—	То же	0,195		ЗИЛ, МАЗ, ЛАЗ
3902, 3829	12, 24	0 ... 1,0	—	Приемник УК170М	0,190		Тракторы

Таблица 8.2. Технические характеристики амперметров и вольтметров и области их применения

Тип прибора и название	Пределы измерения, А/В	Основная погрешность	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
Указатель тока АП111	-50...0... ...+50	$\pm 7\%$	0,155	ООО «Ав- топрибор»	ГАЗ, трак- торы
Указатель тока 11.3811-А	-100... 0... +100	$\pm 7\%$	0,144	ОАО «Авто- комплект»	БелАЗ, трак- тор К-701М
Указатель напряжения 12.3812	8... 16	$\pm 0,7...$ $-0,1$ В	0,15	ОАО «Ав- топрибор»	ВАЗ
Указатель напряжения 11.3812	16...32	$\pm 0,8$ В	0,165		МАЗ, БелАЗ, тракторы МТЗ, К-701М

установки нормальны), красным (15... 16 В — высокое напряжение заряда батареи из-за неисправности генераторной установки).

В системе электрооборудования напряжением 24 В указанные значения цифр удваиваются. Технические характеристики указателей тока и напряжения и области их применения приведены в табл. 8.2.

Указатели скорости автомобиля — спидометры — снабжают водителя информацией о скорости движения и пройденном пути. По принципу действия спидометры разделяют на магнитоиндукционные и электронные.

Привод *магнитоиндукционного спидометра* осуществляется от ведомого вала коробки передач через редуктор, передаточное число которого зависит от передаточного числа главной передачи и радиуса колеса автомобиля. Для привода применяется гибкий вал, если длина приводного троса не превышает 3,55 м, или электрический синхронный привод. Скоростной узел спидометра (рис. 8.2, а) преобразует частоту вращения его приводного вала 1 в перемещение стрелки 8. Постоянный магнит 3 скоростного узла закреплен на приводном валу и вращается вместе с ним. Магнит охватывает так называемая катушка 4, выполненная из электропроводящего материала (чаще всего алюминия) и соединенная со стрелкой. Катушка может поворачиваться в своих опорах, причем повороту катушки препят-

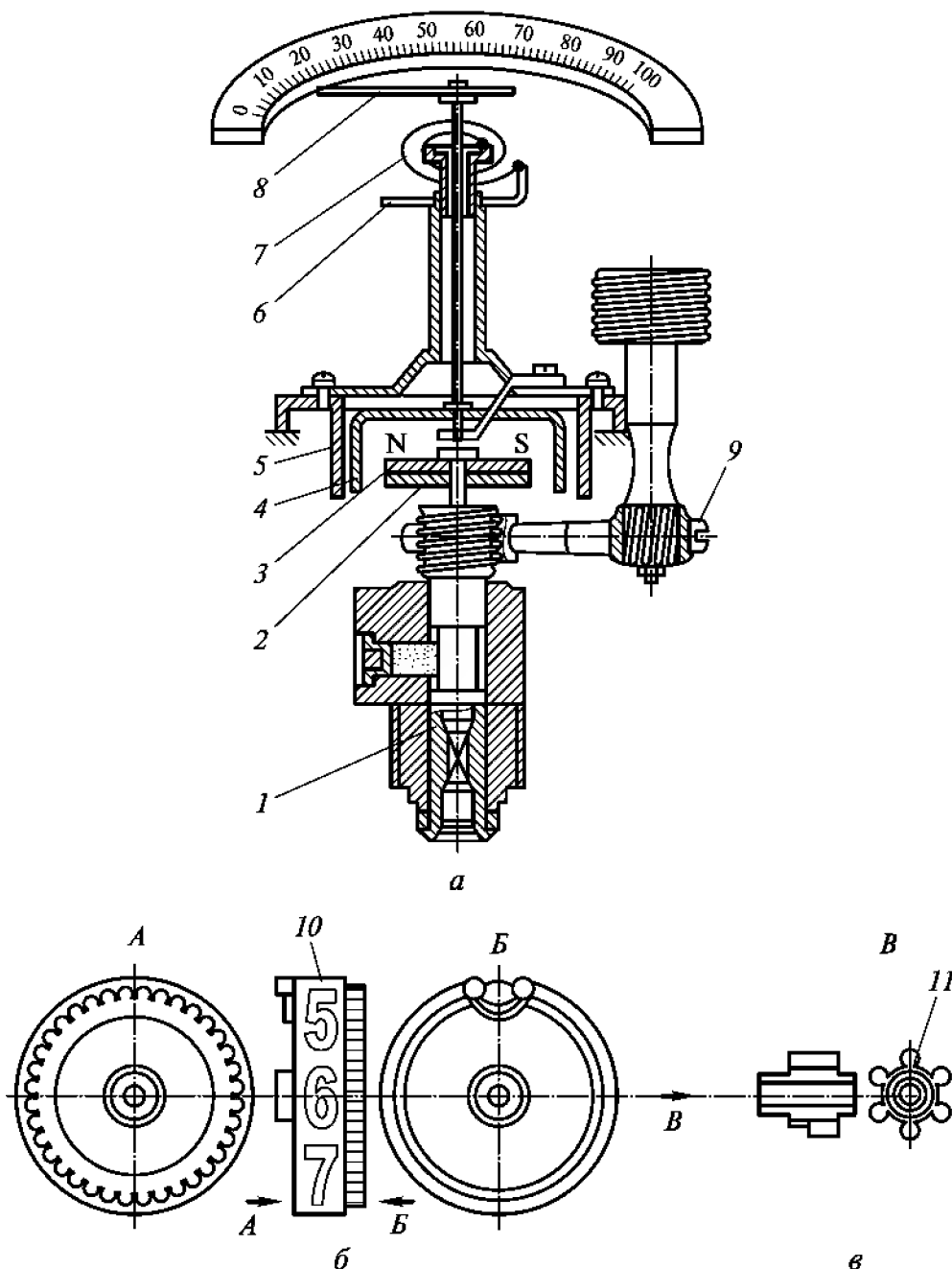


Рис. 8.2. Магнитоиндукционный спидометр:

а — скоростной узел спидометра; *б* — счетный узел; *в* — трибка; 1 — приводной вал; 2 — термомагнитный шунт, 3 — магнит; 4 — катушка; 5 — экран-магнитопровод; 6 — регулятор настройки; 7 — пружина; 8 — стрелка; 9 — привод счетного узла; 10 — барабанчик счетного узла; 11 — трибка

ствуует пружина 7, один конец которой неподвижно закреплен в регуляторе настройки показаний спидометра, а другой соединен с катушкой. Принцип работы скоростного узла аналогичен принципу работы асинхронного электродвигателя с заторможенным ротором.

При вращении магнита его силовые линии пересекают тело катушки, в которой наводятся при этом вихревые токи, тем большие по величине, чем больше частота вращения магнита. Сила взаимодействия магнитного потока магнита и вихревых токов увлекает катушку в сторону вращения магнита. Однако катушка может только поворачиваться, так как ее вращению препятствует упругая пружина, уравнивающая действие магнитных сил. Угол поворота катушки и связанной с ней стрелки зависит от величины магнитного потока магнита, материала катушки, упругих характеристик пружины и частоты вращения приводного вала спидометра, пропорциональной скорости движения автомобиля. Поскольку все эти параметры, кроме скорости автомобиля, являются конструктивными и неизменными, то стрелка прибора и указывает значение скорости на шкале.

Магнитный экран-магнитопровод, охватывающий катушку снаружи, усиливает магнитный поток в зоне расположения катушки. Температурная погрешность спидометра компенсируется с помощью прижатого к магниту магнитного термощунта, выполненного из материала, магнитная проницаемость которого с ростом температуры снижается. Момент, воздействующий на катушку, с ростом температуры снижается, так как возрастает сопротивление катушки, однако это снижение компенсируется за счет роста магнитного потока, пронизывающего катушку, поскольку из-за снижения магнитной проницаемости термощунта часть магнитного потока, замыкающегося через него, уменьшается.

Регулировка спидометра осуществляется при его изготовлении поворотом рычажка регулятора настройки с изменением натяжения пружины и частичным размагничиванием магнита. Относительная погрешность спидометра при нормальных условиях не превышает 5 %, нагрев на каждые 10 °С увеличивает или уменьшает погрешность на 2 %. Счетный узел спидометра приводится во вращение от входного вала через червячную передачу, промежуточный вал и его червячные передачи. Счетный узел состоит из набора цилиндрических барабанчиков 10 (рис. 8.2, б), свободно установленных на общей оси и на цилиндрической поверхности которых нанесены цифры от 0 до 9.

По виду зацепления счетных барабанчиков между собой счетные узлы подразделяют на узлы с внешним и внутренним зацеплением. Последнее зацепление преобладает. Первый барабанчик жестко соединен с промежуточным валом и вращается всегда при движении автомобиля. Каждый барабанчик, кроме первого, имеет

с одной стороны двадцать зубьев (на внутренней или внешней поверхности в зависимости от типа применяемого зацепления), а на другой два зуба.

Привод от барабанчика к барабанчику осуществляется с помощью специальных шестеренок (трибок), расположенных на одной оси или на собственных кронштейнах, размещенных между каждой парой барабанчиков в узлах с внутренним зацеплением. Трибки (рис. 8.2, в) имеют шесть зубьев, которые через один укорочены. При полном обороте первого барабанчика его двухзубка поворачивает трибку на треть оборота, а трибка поворачивает следующий барабанчик через его двадцатизубку на десятую часть оборота. Так осуществляется передача между всеми барабанчиками. Максимальный отсчет пути — 99 999 км, после чего показания сбрасываются. Некоторые спидометры имеют отдельно показатели суточного пробега. Общее передаточное отношение всех передач от входного вала спидометра до первого барабанчика 624 или 1 000. Счетный узел автомобилей, часто движущихся задним ходом (карьерных самосвалов, например), обеспечивает суммирование показаний при движении в любом направлении.

Конструкция *спидометра с электроприводом* отличается тем, что приводной вал спидометра вращается электродвигателем, получающим питание от датчика (синхронного генератора, возбуждаемого постоянным магнитом), приводимого во вращение от выходного вала коробки передач через редуктор. Электрическое соединение между датчиком и электродвигателем происходит напрямую или через электронный усилитель.

Технические характеристики ряда спидометров и области их применения приведены в табл. 8.3.

Электронные спидометры получают сигналы от датчика Холла, расположенного на коробке передач. Электронная схема, аналогичная схеме электронного тахометра, преобразует сигналы датчика в напряжение, пропорциональное скорости движения автомобиля. Стрелочный указатель магнитоэлектрической системы преобразует это напряжение в величины скорости движения автомобиля.

В соответствии с международными стандартами датчик вырабатывает 6 тыс. импульсов за 1 км пути. Соответствующие счетчики переводят эти импульсы с помощью шагового электродвигателя или электронным путем в показание пробега автомобиля.

Указатели температуры охлаждающей жидкости применяются для контроля теплового режима двигателя, а также для контроля теплового состояния аккумуляторной батареи, смазочной си-

Таблица 8.3. Технические характеристики ряда спидометров и области их применения							
Тип спидометра	Диапазон показаний скорости автомобиля, км/ч	Номинальное напряжение, В	Передаточное отношение от приводного валика к счетному узлу	Масса, кг	Датчик, гибкий вал	Изготовитель спидометра	Область применения
Спидометры с электрическим приводом							
СП125	0 ... 100	24	—	1,1	МЭ301	ООО «Авто-прибор»	БелАЗ
СП134	0 ... 100	24	—	1,1	МЭ301		БелАЗ, МАЗ
31.3802	0 ... 60	24	—	0,4	11.3843		ЛКЗ, ХТЗ
56.3802	10 ... 200	12	—	0,5	ВВА-10		КамАЗ
Спидометры с механическим приводом							
26.3892	0 ... 180	—	1 000:1	0,115	ГВ307	ООО «Авто-прибор»	ВАЗ-2108, -09
60.3802	0 ... 180	—	1 000:1	0,180	ГВН20-В		«ГАЗель»

стемы, гидравлической трансмиссии, отопителя и т.п. Для замера величин температуры на автомобилях наиболее часто устанавливаются системы с магнитоэлектрическим логометрическим указателем и терморезисторным датчиком, реже — импульсные системы.

Терморезисторный датчик (рис. 8.3, а) представляет собой чувствительный элемент из полупроводниковой таблетки (терморезистора) 1, отличительная особенность которой состоит в том, что рост температуры вызывает значительное уменьшение величины ее сопротивления (рис. 8.3, б). Величина сопротивления датчика имеет существенный разброс, связанный, в основном, с качеством материала терморезистора и допуском на его линейные размеры. Корпус 5 датчика выполняется в виде латунного баллона с резьбой и шестигранником под ключ для установки его в место измерения. Таблетка терморезистора соединяется с выводом датчика через пружину 4, прижимающую ее к основанию баллона и контактную втулку 2. Пружина изолируется от стенок баллона изоляционной втулкой 3. Внутренняя полость баллона герметизирована.

Датчик соединен с указателем (термометром), который является трехобмоточным магнитоэлектрическим логометром (рис. 8.4, а). Логометр имеет две обмотки $L1$ и $L2$, расположенные соосно и намотанные встречно. Третья обмотка $L3$ перпендикулярна первым

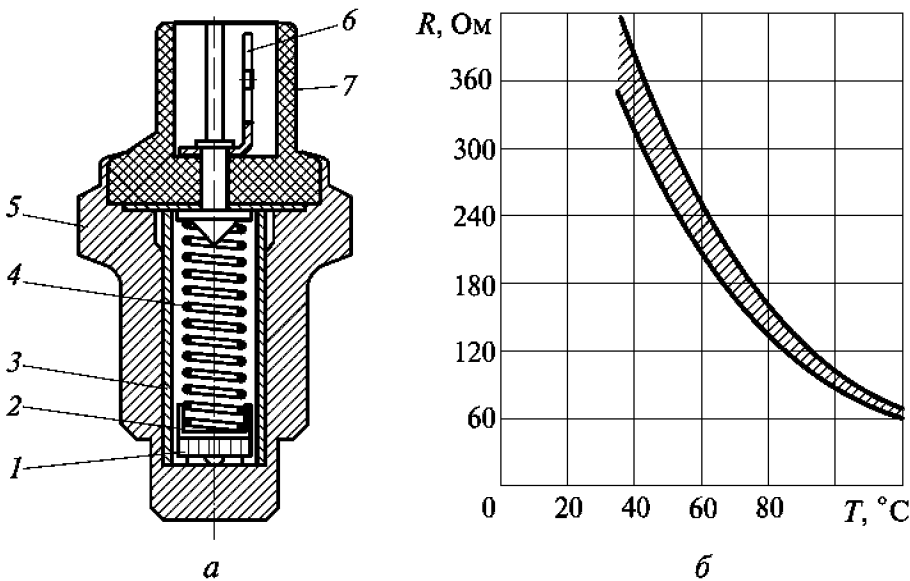


Рис. 8.3. Терморезисторный датчик-термометр (а) и зависимость изменения сопротивления терморезистора от температуры (б):
1 — таблетка терморезистора; 2 — контактная втулка; 3 — изоляционная втулка; 4 — токоведущая пружина; 5 — корпус; 6 — вывод; 7 — изолятор

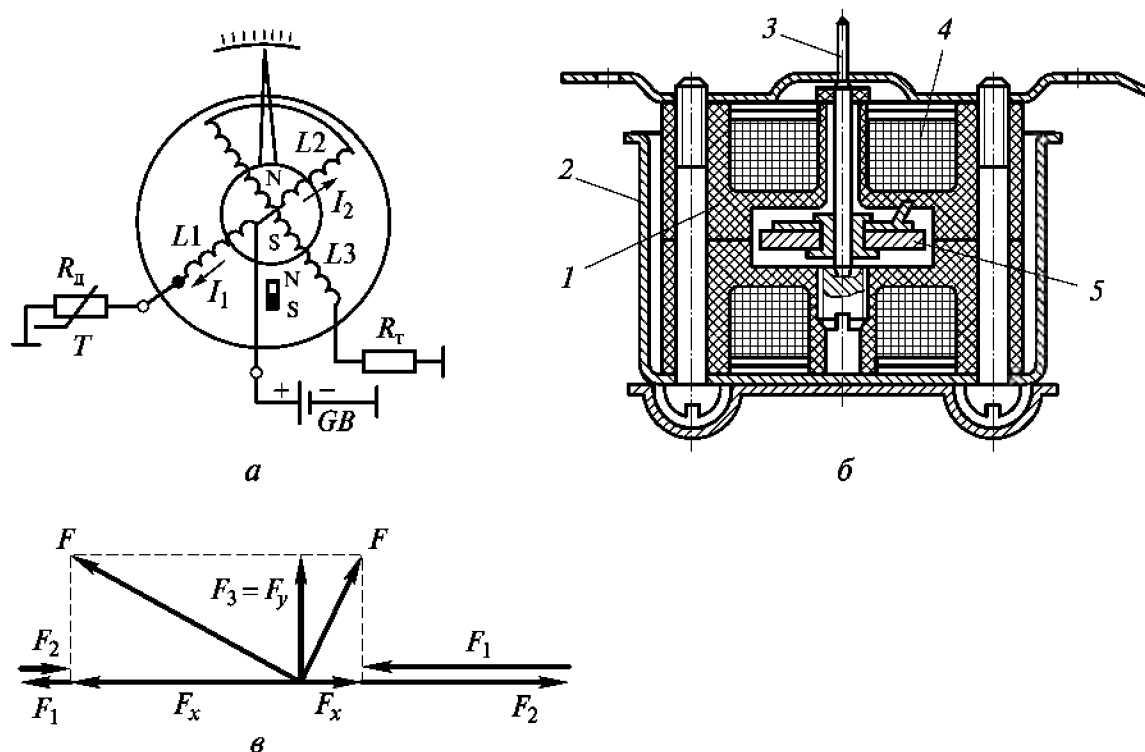


Рис. 8.4. Термометр с логометрическим указателем:

а — электрическая схема термометра; *б* — конструкция магнитоэлектрического логометрического указателя; *в* — векторная диаграмма магнитодвижущей силы (МДС) катушек указателя; 1 — каркас; 2 — магнитный экран; 3 — ось стрелки; 4 — обмотки; 5 — постоянный магнит; I_1 , I_2 — сила тока в обмотке логометра; T — термистор резистора; R_d , R_t — резисторы датчика и термокомпенсации; GB — аккумуляторная батарея

двум. Применение трех обмоток позволяет повысить точность измерения и расширяет шкалу указателя до $120 \dots 160^\circ\text{C}$.

В магнитное поле обмоток помещен постоянный магнит 5 (рис. 8.4, *б*), способный поворачиваться на своей оси и устанавливаться в направлении действия суммарной магнитодвижущей силы всех трех обмоток. Магнит соединен со стрелкой указательного прибора 3.

Величина силы тока в двух обмотках постоянна, а в одной обмотке изменяется пропорционально сопротивлению датчика. Магнитодвижущие силы обмоток равны произведению сил тока соответствующих обмоток на число витков. По вертикальной оси МДС создается только третьей обмоткой (рис. 8.4, *в*); по горизонтальной оси МДС определяется разностью МДС первой и второй обмоток, так как они включены встречно; МДС, по направлению которой устанавливается постоянный магнит, равна геометрической сумме МДС обмоток. Если измеряемая температура велика, то сопротив-

ление датчика мало, ток велик. Если величина температуры мала, то велико значение сопротивления датчика и мало значение силы тока. Угол поворота магнита и связанной с ним стрелки прибора стремится к 180°.

Показания логометра не зависят от величины напряжения питания, так как с ростом или уменьшением напряжения силы тока всех обмоток и их МДС изменяются пропорционально так, что суммарная МДС не меняет своего направления.

Резистор температурной компенсации $R_{т.к}$ выполняется из провода с малым температурным коэффициентом сопротивления (константан, манганин), оно практически не меняется с изменением температуры. Если обмотки выполнены из провода с малым температурным коэффициентом сопротивления, то резистор температурной компенсации отсутствует.

Основу указателя импульсной системы (рис. 8.5, в) составляет П-образная биметаллическая пластина 2, на одной ножке которой, соединенной со стрелкой, расположена нагревательная спираль 3,

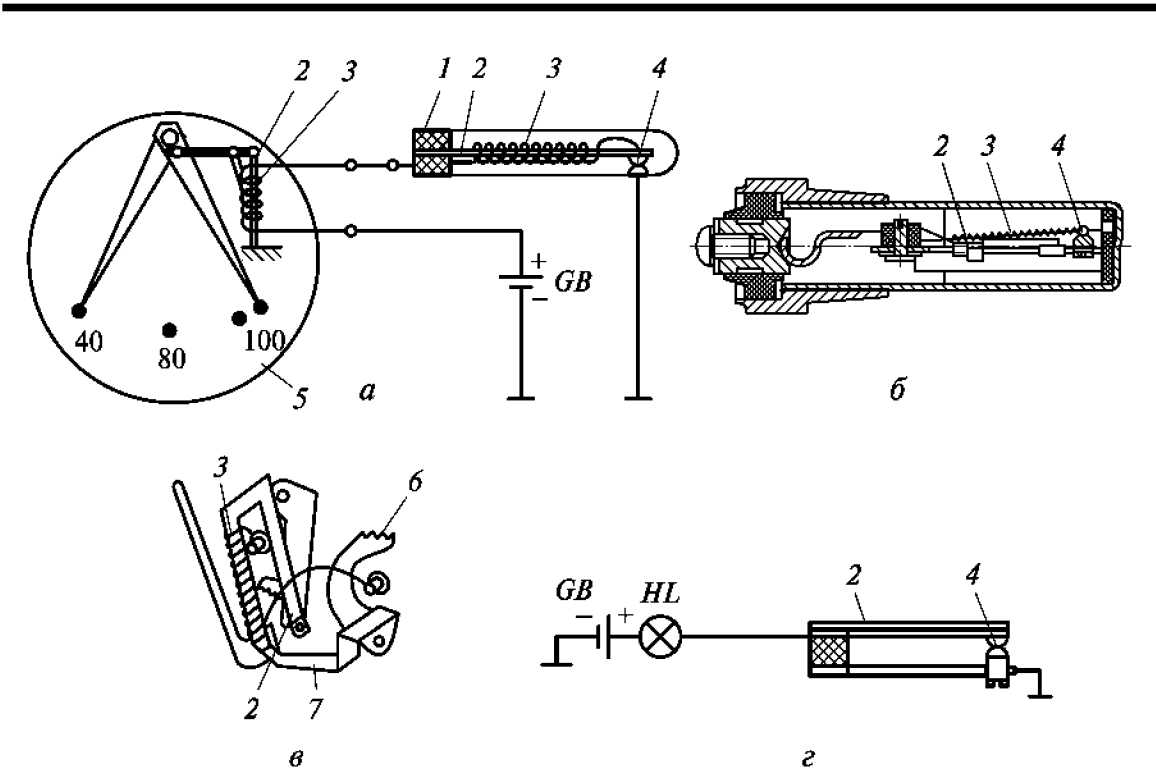


Рис. 8.5. Термометр импульсной системы:

а — электрическая схема термометра; б — устройство термобиметаллического датчика; в — устройство указателя импульсной системы; г — электрическая схема сигнализатора перегрева двигателя; 1 — датчик; 2 — биметаллическая пластина; 3 — нагревательная спираль; 4 — контакты; 5 — указатель; 6 — регулировочный сектор; 7 — упругая пластина со стрелкой; GB — аккумуляторная батарея; HL — контрольная лампа

другая ножка закреплена на регулировочном секторе. При регулировке прибора сектор с закрепленным на нем концом биметаллической пластины перемещают с помощью зубьев. Второй регулировочный сектор с упругой пластиной, создающей шарнирную опору стрелки, также при регулировке может перемещаться с помощью своей зубчатой зоны. Соединенное с ним плечо П-образной пластины осуществляет термокомпенсацию: при изменении температуры воздуха, окружающего указатель, изгиб этого плеча компенсирует изгиб плеча, соединенного со стрелкой. Спираль указателя и термоэлектрического датчика включены последовательно.

До включения прибора стрелка указателя находится в положении вне пределов градуированной шкалы. После включения прибора ток начинает протекать в общей цепи спиралей датчика и указателя, нагревая биметаллические элементы. Биметаллическая пластина датчика изгибается, при этом размыкаются его контакты, ток в общей цепи пропадает. Время нахождения контактов датчика в разомкнутом состоянии T_p зависит от температуры окружающей датчик среды. После остывания биметаллической пластины контакты замыкаются на время T_z и ток вновь начинает протекать в общей цепи датчика и указателя, нагревая биметаллические элементы.

Действующее значение силы тока I_A в спирали, нагревающей биметаллическую пластину указателя, зависит от относительного времени нахождения контактов датчика в замкнутом состоянии:

$$I_A = I_o \sqrt{\frac{T_z}{T_z + T_p}}, \text{ где } I_o \text{ — сила тока в общей цепи при замкнутых}$$

контактах; T_z , T_p — соответственно время замкнутого и разомкнутого состояния контактов.

Чем больше температура измеряемой среды, тем меньше время нахождения контактов в замкнутом состоянии, меньше величина силы тока, обтекающего спираль указателя, биметаллическая пластина указателя нагревается меньше, меньше деформируется и будет меньше отклонение стрелки от ее положения в нулевом состоянии.

В сигнализаторах опасных значений температуры термобиметаллический датчик включает сигнальную лампу *HL* по схеме на рис. 8.5, г.

Указатели уровня топлива служат для измерения уровня топлива в баке автомобиля. Для этих целей используются реостатные датчики и указатели магнитоэлектрической или электромагнитной систем. Величина сопротивления реостатного датчика

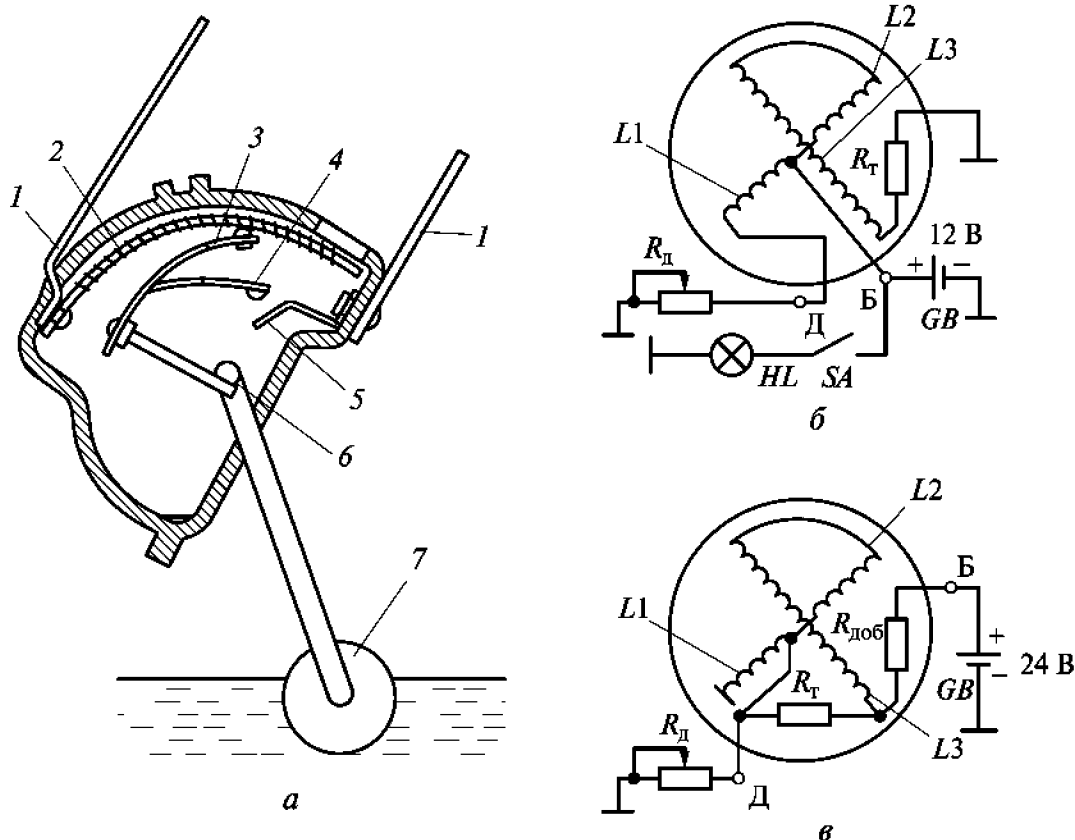


Рис. 8.6. Измеритель уровня топлива с логометрическим указателем:
а — реостатный датчик; *б, в* — электрические схемы измерителя на напряжение 12 и 24 В соответственно; 1 — корпус; 2 — сопротивление реостата; 3 — ползунок; 4, 5 — контакты сигнализатора резервного запаса топлива; 6 — ось поплавка; 7 — поплавок; $L1-L3$ — обмотки логометра; R_d — датчик; $R_t, R_{доб}$ — резисторы термокомпенсации и добавочный; HL — контрольная лампа; GB — аккумуляторная батарея; SA — выключатель; Д, Б — соединительные клеммы

уровня топлива в бензобаке (рис. 8.6, *а*) изменяется с перемещением его ползунка в соответствии с выражением $R = R_0 + JX$, где R_0 — начальное значение сопротивления на выходе датчика; J — крутизна изменения величины сопротивления; X — перемещение ползунка. Перемещение ползунка вызывается перемещением связанного с ним поплавка, положение которого в пространстве соответствует уровню топлива в баке.

Реостатные датчики выполняются намоткой провода с высоким удельным сопротивлением (нихром, константан) на каркас или намазанными токопроводящими пастами на керамической подложке.

Схемы измерителя уровня топлива с реостатным датчиком и магнитоэлектрическим логометром представлены на рис. 8.6, *б* и *в*.

Схема на рис. 8.6, в характерна для системы напряжением 24 В. Поэтому она имеет добавочный резистор $R_{доб}$, гасящий напряжение, термокомпенсационное сопротивление R_T , сопротивление датчика R_d , лампу контроля минимального уровня топлива HL . Схемы работают аналогично схеме термометра с логометрическим указателем с той разницей, что в схеме измерения температуры сопротивление датчика изменялось с изменением температуры, а в схемах на рис. 8.6 сопротивление изменяется в зависимости от положения ползунка реостата, т. е. от уровня топлива в баке.

В электромагнитных указателях поворотный якорек из магнитомягкого материала, соединенный со стрелкой, притягивается двумя катушками, расположенными под углом (рис. 8.7). Если МДС катушек одинаковы, силы воздействия на него обеих катушек уравниваются. При изменении сопротивления датчика R_d , например в сторону уменьшения, сила тока в катушке $L1$ увеличивается, а в $L2$ уменьшается и якорек со стрелкой поворачивается в сторону большей силы притяжения, т. е. к катушке $L1$; при увеличении сопротивления датчика поворот происходит в обратную сторону. Уравнивание действия магнитных сил на якорек и возврат стрелки в нулевое положение осуществляется под действием противовеса, которым снабжен якорек. Это накладывает определенные требования к ориентации электромагнитных указателей на приборном щитке.

Конструкция электромагнитного указателя содержит, кроме катушек, якорька, шкалы, стрелки и ряда конструктивных элемен-

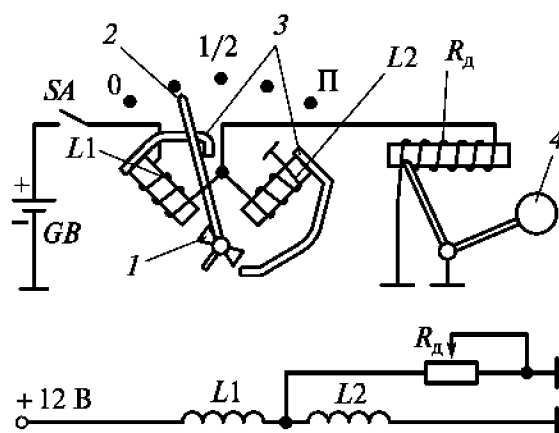


Рис. 8.7. Измеритель уровня топлива с указателем электромагнитной системы:

$L1, L2$ — катушки указателя; R_d — сопротивление датчика; 1 — якорек; 2 — стрелка; 3 — полюсные наконечники; 4 — поплавок

Таблица 8.4. Технические характеристики приемников указателей уровня топлива и области их применения

Тип приемника	Номинальное напряжение, В	Посадочный диаметр, мм	Способ крепления	Изготовитель	Область применения
УБ 285 А	12	— (без корпуса)	Комбинация приборов	ГАО «RAR» (Латвия)	АЗЛК-2141
УБ 170-М	24	60	Скоба	ОАО «Автокомплект»	БелАЗ, КамАЗ, МАЗ
161.3806	12	— (без корпуса)	Комбинация приборов	ОАО «Завод Автоприбор»	ВАЗ-2108, -2109, -2199, -21010
131.3806	12	60	Скоба		УАЗ
АР50.3806	12	— (без корпуса)	Комбинация приборов		ГАЗ-3110

тов, магнитопровод в виде полюсных наконечников для подведения магнитного потока катушек к якорику.

Технические характеристики некоторых приемников указателей уровня топлива магнитоэлектрического типа и области их применения представлены в табл. 8.4.

Если автомобиль имеет два бака, то датчик помещают в каждый бак и водитель с помощью переключателя может определить уровень топлива в каждом баке. Специальные контакты, установленные в некоторых типах датчиков, замыкаются при снижении уровня топлива до минимального уровня, позволяющего проехать ограниченное расстояние. Контакты включают контрольную лампу на щитке водителя, т.е. образуют сигнализирующий прибор выработки топлива.

Указатели частоты вращения коленчатого вала двигателя — тахометры — служат для информации водителя о скоростном режиме двигателя.

Электрические тахометры имеют скоростной узел, аналогичный узлу магнитоиндукционного спидометра с механическим при-

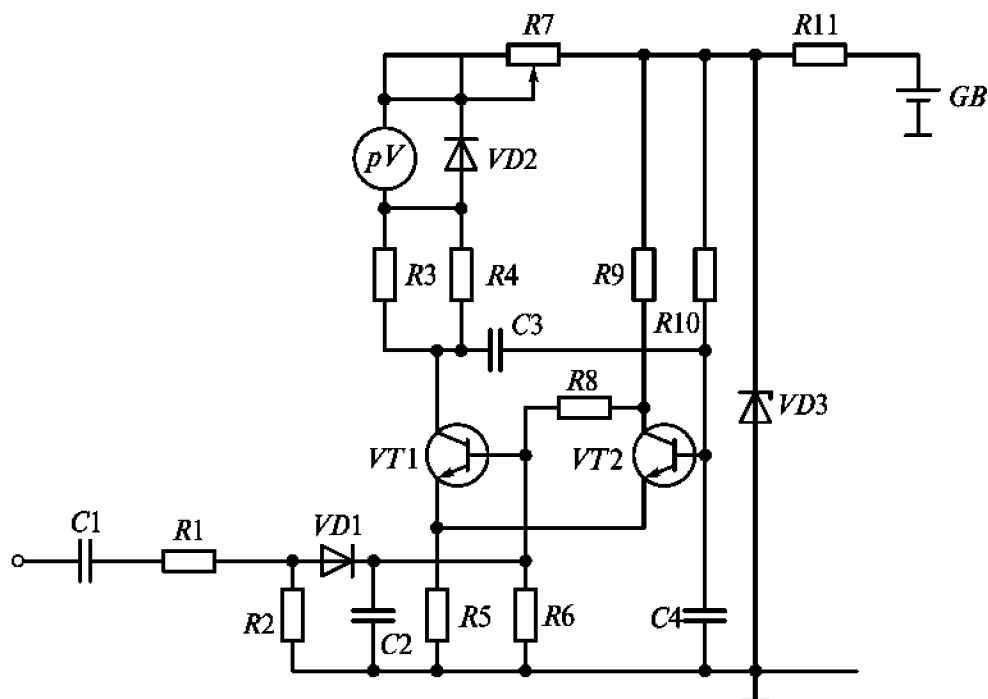


Рис. 8.8. Схема электронного тахометра:

$C1—C3$ — конденсаторы; $R1—R11$ — резисторы; $VD1, VD2, VD3$ — диоды; $VT1, VT2$ — транзисторы; pV — указатель частоты вращения [милливольтметр]; GB — аккумуляторная батарея

водом, однако привод осуществляется от выходного вала двигателя. Тахометры с электроприводом используют те же датчики, что и спидометр и одинаковую с ним схему управления. Последнее время более широкое распространение получили электронные тахометры. Шкала тахометра имеет цветовые сектора: зеленый — допустимая частота, красный — опасный скоростной режим.

Датчиком для электронного тахометра (рис. 8.8) бензиновых двигателей является первичная обмотка катушки зажигания, откуда на тахометр поступают импульсы. Частота следования импульсов пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя. У дизелей роль датчика выполняет фазная обмотка генератора.

Приборный щиток — комбинация приборов — является единой конструкцией электромеханической информационно-измерительной системы, в которую включены указательные приборы: спидометр, счетчик пройденного пути, указатели температуры охлаждающей жидкости, давления масла, уровня топлива в баке, сигнализаторы. Приборы скомбинированы таким образом, чтобы обеспечивалась наибольшая информативность, и солнечные лучи не засвечивали показания стрелок приборов.

Технические характеристики некоторых приборных щитков и области их применения представлены в табл. 8.5.

Приборный щиток обычно имеет встроенную печатную плату (гибкую), в которую монтируются лампочки подсветки шкал приборов; плата соединена с разъемом (штекерные соединители, объединенные в одну или в несколько колодок). Щиток закрыт снаружи стеклом и представляет собой единую конструкцию.

Технические характеристики датчиков информационно-измерительных систем и области их применения представлены в табл. 8.6 и 8.7.

К датчикам приборного щитка относятся:

- датчики уровня топлива в баке. Они имеют разный угол отклонения рычага при наполнении бака. Высота расположения поплавка при пустом и полном баке приведена в табл. 8.6;
- датчики указателей и сигнализаторов температуры охлаждающей жидкости;
- датчики указателей и сигнализаторов давления масла.

Тахограф представляет собой записывающий прибор, регистрирующий скорость движения автомобиля, пройденный путь, время стоянки, работу двигателя, текущее время, расход топлива. Тахографы устанавливаются на автомобилях, совершающих дальние междугородные и международные рейсы в соответствии с рекомендациями ЕЭК ООН. Показания тахографа позволяют осуществлять контроль режимов работы автомобиля и его водителя, а в случае возникновения дорожно-транспортного происшествия — проводить объективное расследование обстоятельств. В электромеханическом тахографе часовой механизм поворачивает диаграмму, на которой перо самописца регистрирует измеряемые в данный момент величины. В часовом механизме применяется шаговый электродвигатель и электронная схема с кварцевым задающим генератором. Для перемещения пера самописца используются электродвигатель постоянного тока или шаговый электродвигатель.

Последнее время на зарубежных автомобилях появляются тахографы с записью показаний в память электронных устройств.

Дисплей электронного щитка приборов — основное информационное табло микропроцессорной информационно-измерительной системы контроля и диагностирования. Основу электронных щитков приборов и информационно-измерительных систем составляет компьютер на микроЭВМ, в который стекается информация с датчиков. Компьютер обрабатывает информацию и выводит ее на дисплей или преобразует ее в голосовое сообщение. Ава-

Таблица 8.5. Технические характеристики приборных щитков

Тип щитка	Номинальное напряжение, В	Устанавливаемые		
		Спидометр, тахометр	Указатель тока и напряжения	Указатель топлива
AP40.3801.000	12	AP40.3802, 01	AP40.3812	AP40.3806
AP52.3801.000	12	AP52.3801, 02	—	AP51.3806
AP60.3801.000	12	AP60.3812	AP60.3806	AP60.3801.200
AP80.3801.000	12	СП 274.3802.000	—	AP80.3806
AP90.3801.000	12	AP90.3801.041 СП274.3802	—	AP80.3806
КП29В	24	—	АП129	УБ135
226.3801	12	26.3802	216.3812	161.3806
28.3801	24	—	22.3812	23.3808
185.3805	12	254.3813	27.3812	33.3806

рийная информация передается водителю независимо от него, другая же поступает по его запросу или непрерывно. Для электронной индикации применяются электронно-лучевые трубки, жидкокристаллические индикаторы и т. п.

Панели с электронно-лучевой трубкой позволяют во время стоянки принимать телепрограммы, а также вызывать на панель карту местности с ориентировкой на ней автомобиля.

Конструктивно панель электронного щитка выполняется с применением катодно-люминисцентных или жидкокристаллических индикаторов. Цифровые индикаторы применяются только для

и области их применения

приборы		Число		Масса, кг	Изготовитель	Область применения
Указатель давления	Указатель температуры	сигнализаторов	ламп			
—	AP40.3807	21	8	1,2	ГАО «RAR» (Латвия)	АЗЛК-2141
—	AP51.3808	12	5	1,06		ВАЗ-2110
AP60.3801.200	AP60.3801.200	32	7	1,4		ГАЗ-3110
—	AP80.3807	20	5	1,15		ВАЗ-21083
—	AP90.3807	13	4	1,09		ВАЗ-21123
УК 182Б, 14.3816	УК 179	3	2	0,88	ООО «Авто-прибор»	ЛиАЗ
17.3806	20.3807	14	5	1,1		ВАЗ-2108, -09
22.3810	28.3807	4	1	0,6		МАЗ, КамАЗ
32.3810	35.3897	1	3	1,7		ЗИЛ

счетчика пути. Информация о скорости автомобиля, количестве топлива в баке, температуре охлаждающей жидкости и давлении масла производится в аналоговой форме индикаторами в виде прибора со стрелкой и шкалой. Наиболее широко применяются комбинированные конструкции, в которых используют жидкокристаллические индикаторы и стрелочные указатели.

Компьютер, управляющий электронным щитком, способен не только оценить аварийную ситуацию, но и выявить тенденцию, направленную к появлению такой ситуации, заранее предупредив водителя о возможных последствиях.

Таблица 8.6. Технические характеристики датчиков уровня топлива в баке и области их применения							
Тип	Сопротивле- ние реостата, Ом	Радиус рычага, мм	Высота рас- положения поплавка, мм	Тип указателя	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
11.3827	90	143	214 ... 34	Магнитозлек- трический	0,144	ФГУП ВПО «Гочмаш»	АЗАК-2141
2108.3827	330	183	247 ... 8		0,140		ВАЗ-2108
23.3827	90	328	491 ... 29		0,190		ВТЗ-3048А, Т-25А
42.3827	90	416,5	607 ... 40		0,182	ГАО «РАР» (Латвия)	МАЗ-54321, -64221
5212.3827	90	328	493 ... 29	34.3806*	0,163	ОАО «Авто- прибор»	КамАЗ-5320, -5410
56.3827	90	610	605,6 ... 32	36.3806*	0,120		ЧТЗ, АТЗ
6212.3827	380	164	226 ... 40	131.3806*	0,130		УАЗ-3160

* Приемник указателя уровня топлива.

Таблица 8.7. Технические характеристики датчиков указателей и сигнализаторов температуры охлаждающей жидкости и области их применения						
Тип	Предел измерения, °С	Номинальное напряжение, В	Чувствительный элемент	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
TM100	40...120	12 и 24	Терморезистор	0,045	ОАО «Авто-прибор»	ЗИЛ, ГАЗ, КраЗ, МАЗ, УАЗ, Т-54, Т-700
TM100-A	40...120	12 и 24		0,050		АЗЛК-2140, «Урал», МАЗ, КамАЗ, УАЗ
TM106	40...130	12		0,045		ВАЗ, АЗЛК
TM108*	40...+125	12	Диск биметалла	0,040		ГАЗ, ВАЗ, АЗЛК, ЗИЛ
TM111-09**		12 и 24	Биметаллическая пластина	0,040		Автомобили, тракторы
19.3828	-40...+125	12	Микросхема ИС300	0,03	«Автоэлектроника»	ВАЗ-2110, -2111, -2112
191.3847	-14...+150	12	Магнитная система	0,06	ОАО «Авто-прибор»	ВАЗ с МПСУД
23.3847	-50...+140	12		0,10		

* Температура замыкания контактов (94⁺⁴) °С.

** Температура замыкания контактов (90⁻³...95⁺⁴)°С.

Электронная информационная система предоставляет возможность через спутниковую связь или через связь с местными станциями информировать водителя об оптимальном маршруте движения.

Электронные информационные системы значительно расширяют возможности получения информации при малом объеме, занимаемом приборной панелью. К недостаткам таких систем следует отнести высокую стоимость и большую сложность, требующую квалифицированного обслуживания и ремонта.

8.3. СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Все средства диагностирования подразделяют на две основные группы: встроенные (или бортовые) средства и внешние диагностические устройства. В свою очередь встроенные средства подразделяют на информационные, сигнализирующие и программируемые или запоминающие. Внешние средства могут быть стационарными или переносными. Информационные бортовые средства являются конструктивным элементом автомобиля или трактора и осуществляют контроль непрерывно или периодически по определенной программе. В качестве примера информационной системы на рис. 8.9 представлен блок индикации бортовой системы контроля.

Блок индикации предназначен для контроля и информации о состоянии отдельных изделий и систем автомобиля. Он представляет собой электронную систему диагностирования со звуковой и светодиодной сигнализацией о состоянии износа тормозных колодок, пристегнутых ремнях безопасности, уровне омывающей, охлаждающей и тормозной жидкости, а также об уровне масла в картере двигателя, аварийном давлении масла, незакрытых дверях салона, неисправности ламп габаритных огней и сигнала торможения.

Блок находится в одном из пяти режимов: «Выключено», ждущем и тестовом режимах, «Предвыездной контроль параметров» и «Контроль параметров при работе двигателя». При открывании любой двери салона блок включает внутреннее освещение. Когда ключ зажигания не вставлен в выключатель зажигания, блок находится в режиме «Выключено». Если ключ вставить в замок зажигания, блок переходит в ждущий режим и остается в нем, пока ключ в выключателе находится в режиме «Выключено» или «0». Если в этом режиме открыта дверь водителя, то возникает неисправность

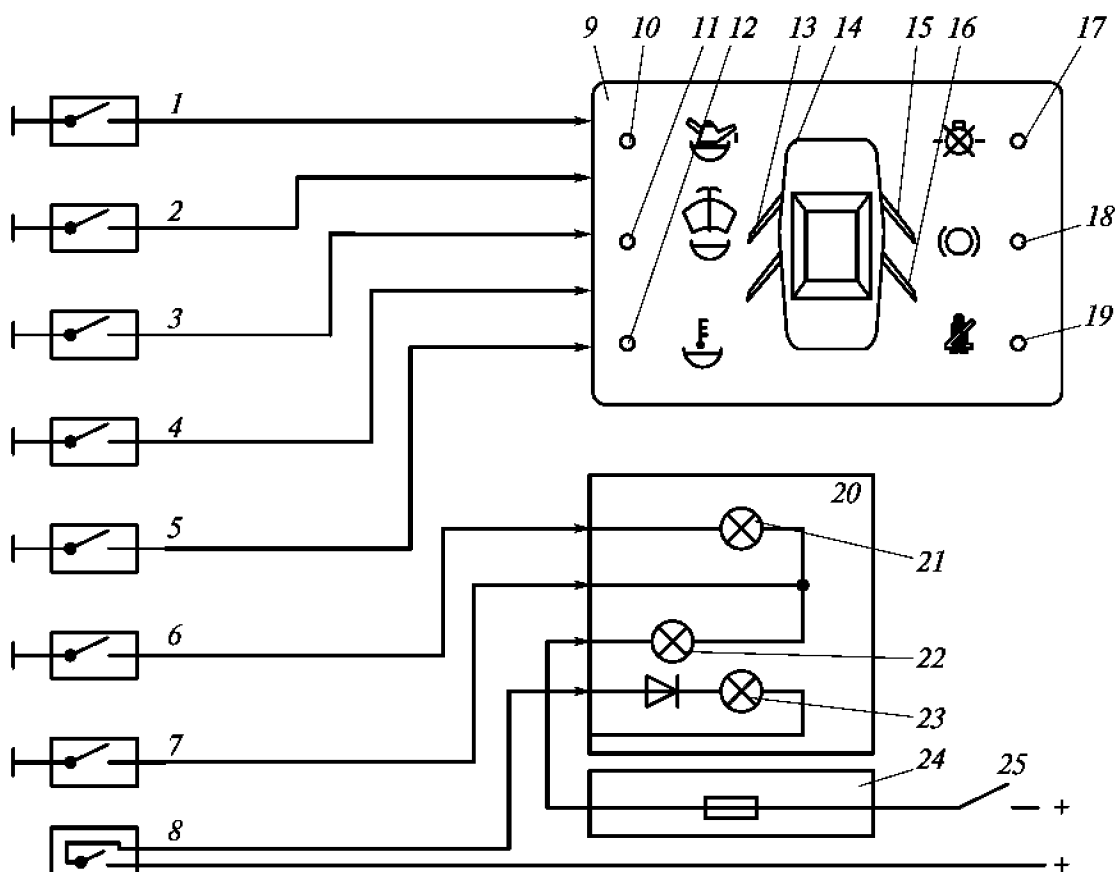


Рис. 8.9. Электрическая схема соединений встроенных сигнализаторов аварийных режимов блока индикации:

1 — датчик износа тормозных колодок; 2 — датчик пристегнутых ремней безопасности; 3 — датчик уровня омывающей жидкости; 4 — датчик уровня охлаждающей жидкости; 5 — датчик уровня масла; 6 — датчик аварийного давления масла; 7 — датчик стояночного тормоза; 8 — датчик уровня тормозной жидкости; 9 — блок индикации бортовой системы контроля; 10 — сигнализатор уровня масла; 11 — сигнализатор уровня омывающей жидкости; 12 — сигнализатор уровня охлаждающей жидкости; 13–16 — сигнализаторы незакрытых дверей; 17 — сигнализатор неисправности ламп габаритных огней и торможения; 18 — сигнализатор износа тормозных колодок; 19 — сигнализатор непристегнутых ремней безопасности; 20 — комбинация приборов; 21 — контрольная лампа аварийного давления масла; 22 — сигнализатор стояночного тормоза; 23 — сигнализатор уровня тормозной жидкости; 24 — монтажный блок; 25 — выключатель зажигания

«Забытый ключ в выключателе зажигания» и звуковой сигнализатор подает прерывистый звуковой сигнал в течение (8 ± 2) с. Сигнал выключится, если дверь закрыта, ключ вынут из замка зажигания или повернут в положение «Зажигание включено».

Тестовый режим включается после поворота ключа в выключателе зажигания в положение «1» или «Зажигание». При этом на

(4±2) с включается звуковой сигнал и все светодиодные сигнализаторы для проверки их исправности. Одновременно контролируются неисправности по датчикам уровней охлаждающей, тормозной и омывающей жидкостей и запоминается их состояние. До окончания тестирования сигналы о состоянии датчиков не поступают.

После окончания тестирования следует пауза, и блок переходит в режим «Предвыездной контроль параметров». В случае наличия неисправностей блок работает по следующему алгоритму:

- светодиодные сигнализаторы параметров, вышедших за пределы установленной нормы, начинают мигать в течение (8±2) с, после чего горят постоянно до выключения замка зажигания или перевода ключа в положение «0»;
- синхронно со светодиодами включается звуковой сигнализатор, который выключается через (8±2) с.

Если в процессе движения автомобиля возникает неисправность, то включается алгоритм «Предвыездной контроль параметров».

Если в течение (8±2) с после начала световой и звуковой сигнализации появится еще один или несколько сигналов о неисправности, то мигание преобразуется в постоянное горение и алгоритм индикации повторится.

Кроме рассмотренной системы встроенного диагностирования на автомобилях широко применяется набор датчиков и сигнализаторов аварийных режимов, которые предупреждают о возможном наступлении состояния отказа или о возникновении скрытых отказов (перегрев двигателя, аварийное давление масла, неисправность рабочих тормозов, включение стояночного тормоза, заряд аккумулятора отсутствует и т.д.).

Программируемые, запоминающие встроенные средства диагностирования (средства самодиагностирования) отслеживают и заносят в память информацию о неисправностях электронных систем для считывания ее с помощью диагностического разъема и контрольного табло Check engine звуковой или речевой индикации о предотказном состоянии изделия или системы. Диагностический разъем используется и для подключения автосканера и мотор-тестера.

Алгоритм работы программируемой диагностической системы заключается в следующем. При включении замка зажигания диагностическое табло загорится и, пока двигатель еще не работает, происходит проверка исправности элементов системы. После пуска двигателя табло гаснет. Если оно продолжает светиться, то об-

наружена неисправность. При этом код неисправности заносится в память контроллера. Причину включения табло необходимо выяснять при первой же возможности. Если неисправность устраняется, то контрольное табло или лампа гаснет через 10 с, но код неисправности будет храниться в памяти контроллера. Эти коды, хранящиеся в памяти контроллера, при проведении диагностирования высвечиваются каждый по 3 раза. Стирают коды из памяти по окончании ремонта. Для стирания необходимо отключить питание контроллера на 10 с путем отсоединения клеммы «-» аккумуляторной батареи.

К внешним переносным средствам диагностирования относят приборы контроля состава отработавших газов, автосканеры, мультиметры и мотор-тестеры.

8.4. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Информационно-измерительные системы контроля, состоящие из контрольно-измерительных приборов, датчиков, а в некоторых вариантах из электронных блоков и дисплеев, как правило, не подвергают профилактическим мероприятиям. Однако периодически необходимо убеждаться в исправности работы стрелочных приборов, индикаторных табло и контрольных сигнализаторов. При возникновении сомнений в правильности показаний приборов проводят проверку их работоспособности и оценивают точность их показаний по сравнению с эталоном. В первую очередь это относится к спидометрам, тахометрам и счетчикам пройденного пути. Поверку тахографов производят не реже 1 раза в два года в сертифицированной мастерской. Тахографы должны устанавливаться в соответствии с международными правилами на автобусах с числом мест более 20 и на грузовых автомобилях с полной массой более 15 т (Постановление Правительства Российской Федерации от 03.08.1996 № 922 «О повышении безопасности междугородных и международных перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом»).

На последних моделях автомобиля ВАЗ устанавливают электронную комбинацию приборов с жидкокристаллическими индикаторами, но указатели температуры и уровня топлива в баке могут быть того же типа, что и в обычной комбинации приборов. Стрелки спидометра и тахометра поворачиваются шаговыми элек-

Таблица 8.8. Основные неисправности информационно-измерительных систем контроля и диагностирования и способы их устранения			
Неисправность	Причина неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
При включении выключателя зажигания все контрольно-измерительные приборы (КИП) не работают (стрелки не отклоняются)	Перегорел предохранитель из-за короткого замыкания в цепи	Проверяют тестером последовательно по все цепи	Заменяют сгоревший предохранитель, устраняют короткое замыкание
	Обрыв в цепи за предохранителем		Найденный обрыв цепи устраняют
	Нарушен контакт на клеммах или в штекерных соединениях комбинации приборов		Нарушенный контакт восстанавливают
При включении выключателя зажигания показания отдельных приборов неверны	Высокое переходное сопротивление в контактных соединениях	Измеряют тестером падение напряжения на контактах	Устраняют оксидную пленку в местах контактирования, контактные винты подтягивают
	Нарушена регулировка или неисправны отдельные приборы		По возможности приборы регулируют или меняют на новые
При включении выключателя зажигания стрелки указательных приборов заклиненны	Обрыв провода от датчика к указательному прибору	Проверяют тестером	Обнаруженный обрыв устраняют
	Короткое замыкание провода на «массу»		Обнаруженное короткое замыкание устраняют

Резкие колебания стрелки указательного прибора	Ненадежный контакт в штекерных разъемах или в винтовых соединениях	Проверяют тестером или контрольной лампой	Устраняют ненадежный контакт и подтягивают контактные винты
	Излом подводящего провода	Обнаруживают тестером	Обнаруженный излом устраняют
Резкие колебания стрелки указательного прибора	Износ граней концов гибкого вала спидометра	Проверяют визуально, демонтировав гибкий вал	При необходимости гибкий вал меняют
	Торсионное биение гибкого вала из-за неправильной прокладки его трассы или из-за отсутствия смазки вала		Прокладывают трассу в соответствии с инструкцией и смазывают вал
	Вышел из строя демпфирующий механизм стрелки или датчика		Меняют демпфирующий механизм
	Ослабла возвратная пружина механизма стрелки		Меняют спидометр на новый
При включении выключателя зажигания стрелка указателя не возвращается в начальное положение	Размагнитился постоянный магнит механизма поворота	Проверяют на стенде по эталону	
	Заело ось стрелки или возник ее перекос	Проверяют визуально	Указательный прибор меняют
Нарушена балансировка стрелки			
При включении выключателя зажигания не	Неисправен датчик аварийного давления масла	Проверяют замыканием провода от	При необходимости меняют датчик

Неисправность	Причина неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
Неисправность горит одна из контрольных ламп сигнализатора		Датчика через контрольную лампу	
	Обрыв в проводке или плохой контакт в соединениях	Проверяют тестером последовательно всю цепь	Устраняют обрыв или плохой контакт
	Перегорела лампа в сигнализаторе или плохой контакт в патроне лампы		Меняют лампу или патрон
При включении выключателя зажигания не горят жидкокристаллические индикаторы	Ненадежный контакт в штекерных соединениях (разъеме)	Проверяют с помощью мультиметра	Устраняют ненадежный контакт и восстанавливают герметизацию разъема
	Перегорел предохранитель в цепи питания электронной комбинации приборов	Проверяют тестером	Предохранитель меняют на новый того же номинала
	Неисправен электронный модуль	Проверяют на специальном стенде	
	Обрыв в цепи питания электронной комбинации	Проверяют мультиметром последовательно всю цепь питания	
При включении выключателя зажигания не горят жидкокристаллические индикаторы	Неисправен жидкокристаллический индикатор	Проверяют на стенде	При необходимости меняют всю комбинацию

тродвигателями и управляются электронным модулем, в который поступают сигналы с датчиков. Обслуживание электронной комбинации приборов не отличается от обслуживания электронных систем управления.

Проверку исправности контрольно-измерительных приборов осуществляют, как и тахографов, спидометров, счетчиков пройденного пути и тахометров путем сравнения их показаний с показаниями эталонных приборов и датчиков. Так как большинство приемников указательных приборов представляют собой измерители тока, проградуированные в контролируемых единицах (например, объем топливного бака в долях, температура в градусах Цельсия, давление в килограмм-силах на квадратный сантиметр), в качестве эталона используют микроамперметр типа М-256М.

Основные неисправности информационно-измерительных систем, контрольно-измерительных приборов и их приемников связаны с обрывами или короткими замыканиями в их цепях, а также с отказами измерительных элементов или контрольных ламп. В табл. 8.8 приведены основные неисправности информационно-измерительных систем и способы их диагностирования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается принцип работы информационно-измерительных систем контроля и диагностирования?
2. Какие указательные приборы применяют для информации о количестве топлива в баке?
3. Какие указательные приборы применяют для информации о температуре охлаждающей жидкости, давлении масла?
4. Какие датчики используют для получения информации для информационно-измерительных систем?
5. Какие системы диагностирования применяются на автомобилях и тракторах?
6. Какие индикаторные панели применяются в электронных щитах приборов?
7. Что такое коды неисправностей системы и в каких системах они используются?
8. Какие выносные системы диагностирования вы знаете?

СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ И ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

9.1. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ И ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Системы коммутации и защиты сетей электрооборудования — важные элементы электрической схемы транспортного средства.

Система коммутации состоит из коммутационной аппаратуры, которая подразделяется на коммутационную аппаратуру прямого и дистанционного действия. К коммутационной аппаратуре прямого действия относятся выключатели, переключатели, кнопки, а к аппаратуре дистанционного действия — реле, контакторы. Аппаратура прямого действия может быть конструктивно объединена в комбинированные многофункциональные устройства, например, клавишные переключатели.

Основные функции систем коммутации и защиты сетей электрооборудования:

- включение и выключение потребителей электроэнергии;
- изменение режима работы световых приборов или электроприводных механизмов;
- коммутация токов большой силы, в том числе когда места коммутации находятся далеко от места управления;
- включение или выключение нескольких электрических цепей;
- защита потребителей и электропроводки от коротких замыканий и токовой перегрузки;
- централизация распределения управляющих и коммутирующих цепей для уменьшения количества жил проводки и облегчения конвейерной сборки транспортного средства на заводе-производителе, а также удобства технического обслуживания автомобиля в эксплуатации.

Аппаратура прямого действия (выключатели и переключатели) по конструктивному исполнению может быть кнопочной, клавишной, поворотной, рычажной.

Для обеспечения эргономики и облегчения процесса управления системой коммутации кнопки и рукоятки выключателей и переключателей имеют определенное функциональное обозначение и встроенную подсветку. Цвет лампочек со светофильтрами, встраиваемых в рукоятки элементов коммутационной аппаратуры прямого действия, зависит от функционального назначения аппаратуры:

- красный — предупреждает о необходимости принятия мер для предотвращения аварийной ситуации;
- оранжевый — предупреждает о необходимости принятия мер для обеспечения нормальной работы;
- зеленый — нормальная работа;
- синий — включен дальний свет, а двигатель находится в холодном состоянии.

9.2. КОММУТАЦИОННАЯ АППАРАТУРА

Клавишные выключатели и переключатели широко распространены на автомобиле и тракторе. Выключатели имеют два, а переключатели — три фиксированных положения. В перекидной конструкции (рис. 9.1, а) при нажатии клавиши пружинный толкатель 5 перекидывает контактную пластину 6, замыкающую контакты 7 и 8. В ползунковой конструкции (рис. 9.1, б) толкатель перемещает контактную пластину. При этом происходит самоочищение контактов. Падение напряжения на контактах выключателей и переключателей не должно превышать 0,1 В.

Поворотные конструкции применяются в выключателях зажигания и подрулевых переключателях.

Выключатель зажигания (рис. 9.2) коммутирует ток в системах зажигания, пуска, стеклоочистителей, указателей поворота, фонаря заднего хода и в некоторых случаях подключает головной свет и радиоприемник.

Контактный узел выключателя состоит из подвижных и неподвижных контактных дисков 2. Их взаимное перемещение включает или разрывает электрическую цепь.

Некоторые выключатели зажигания оборудованы противотонным устройством, блокировкой от повторного включения

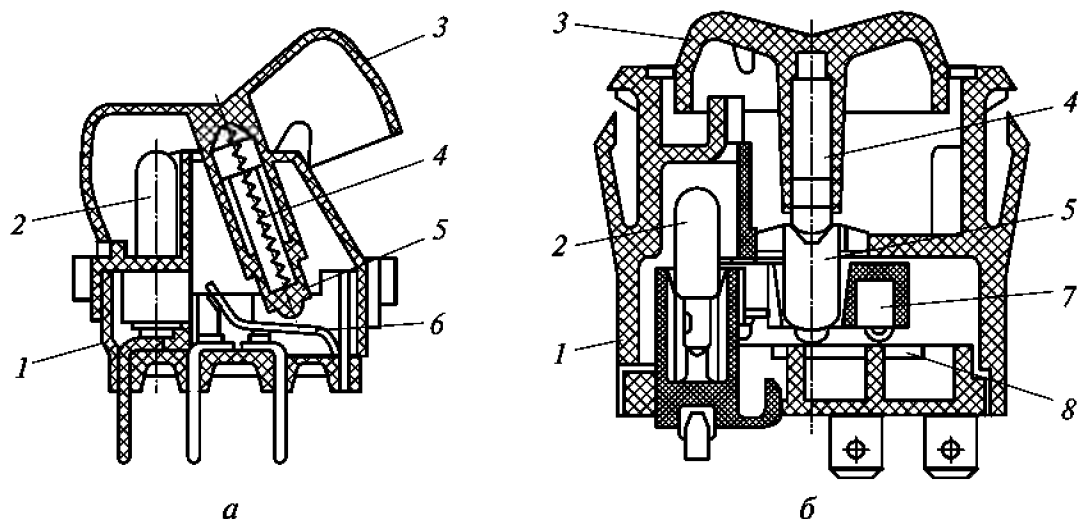


Рис. 9.1. Клавишные выключатели:

а — перекидной; *б* — ползунковый; 1 — корпус; 2 — лампа подсветки; 3 — клавиша; 4 — пружина; 5 — толкатель; 6 — перекидная контактная пластина; 7 — подвижные контакты; 8 — неподвижные контакты

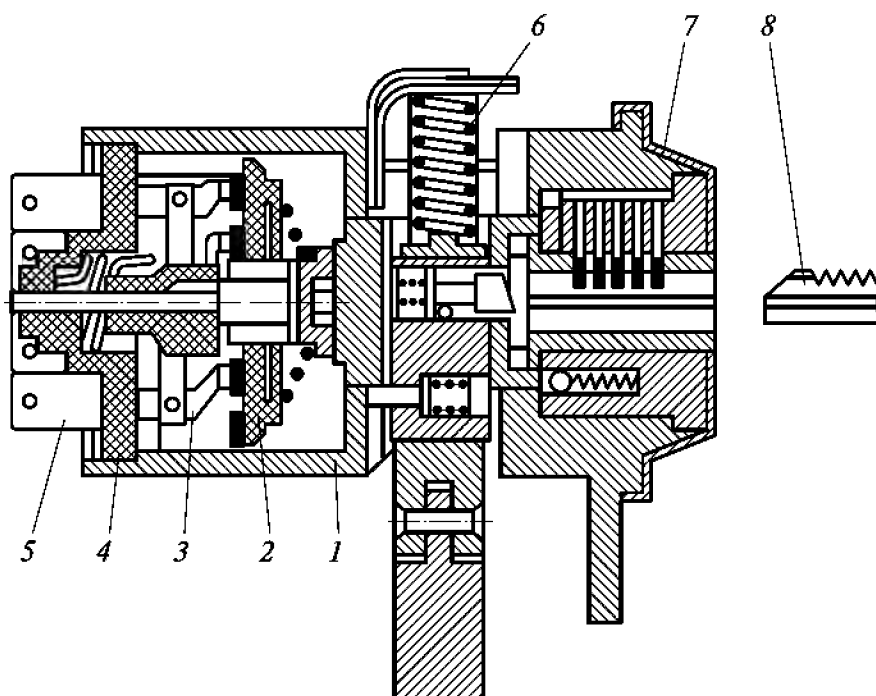


Рис. 9.2. Выключатель зажигания:

1 — корпус; 2 — поворотная панель с контактными дисками; 3 — неподвижные контакты; 4 — выводная панель; 5 — штекерные выводы; 6 — противоугонное устройство; 7 — замочное устройство; 8 — ключ

стартера и включателем сигнализации об оставленном ключе зажигания.

Подрулевые переключатели имеют несколько отдельных контактных узлов, управляемых собственными рукоятками. Переключатель наружного освещения и световой сигнализации управляет переключением фар с ближнего на дальний свет и обратно, указателями поворота, стояночными огнями. Переключатель стеклоочистителя изменяет режим работы стеклоочистителя ветрового стекла, включает его омыватель, а также включает стеклоочиститель заднего стекла и его омыватель. Выключатель имеет фиксированные и нефиксированные положения.

В *кнопочных выключателях* нажатие кнопки перебрасывает подвижный контакт из одного положения в другое. Кнопочный выключатель без фиксации замыкает контакты, отжимаемые затем пружиной.

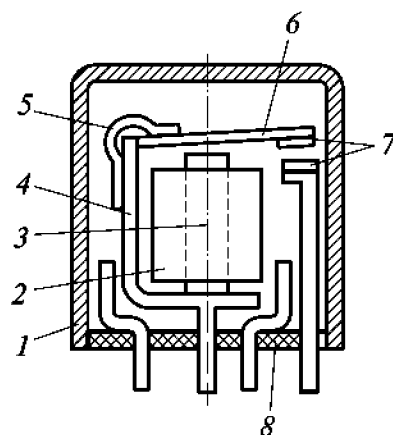
В качестве коммутационной аппаратуры дистанционного управления на автомобилях применяются *электромагнитные и электронные реле*. Обычно на выходе электронного реле устанавливается электромагнитное реле.

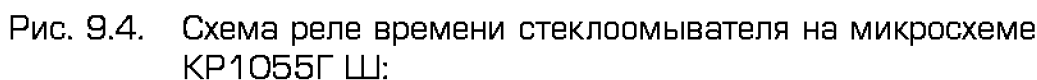
Современные электромагнитные реле (рис. 9.3) характеризуются малым содержанием серебра в контактах и могут иметь пластинчатые или витые пружины. Для установки на печатные платы выпускается специальная модификация реле, допускающая распайку ее выводов прямо на печатных платах.

Электронные реле имеют схемное исполнение в соответствии со своим функциональным назначением. Современные электронные реле выполняются с использованием интегральных микросхем. Для примера на рис. 9.4 приведена электрическая схема реле времени стеклоомывателя, построенная на специализированной микросхеме.

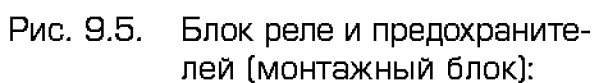
Рис. 9.3. Электромагнитное реле:

- 1 — крышка; 2 — обмотка; 3 — сердечник; 4 — ярмо магнитопровода; 5 — пружина; 6 — якорь; 7 — контактная пара; 8 — основание





VD1, VD2 — диоды; *DA* — микросхема; *R1, R2* — резисторы; *C1* — конденсатор; *K1:2* — контакты реле; *K1:1* — реле; *KA* — клапан омывателя; *M* — электродвигатель насоса омывателя; *R3* — резистор; 1–8 — клеммы микросхемы; 1, 2, 15 — клеммы разъема



1 — крышка; 2 — реле различного назначения; 3 — основание блока; 4 — гнезда предохранителей

Для удобства обслуживания реле и предохранителей в процессе эксплуатации современных автомобилей они конструктивно располагаются в едином блоке. *Блок реле и предохранителей* (рис. 9.5) является центральным распределительным устройством, связанным через штекерные разъемы и жгуты проводов со всеми элементами бортовой сети автомобиля. Электрические соединения в блоке предохранителей и реле выполнены посредством печатного монтажа на жесткой или гибкой печатной плате. Печатный монтаж осуществляет электрические соединения в блоке. Блок заключен в пластмассовый корпус, на крышке которого, иногда выпол-

няемой прозрачной, нанесены символы функционального назначения располагающихся под ней элементов.

Для коммутации силовых цепей на автомобилях и автобусах применяются *контакторы*, отличающиеся от реле массивной контактной системой, рассчитанной на коммутацию тока значительной силы, а также наличием двойного разрыва цепи, повышающего надежность работы устройства.

Дистанционные выключатели «массы» аккумуляторных батарей (рис. 9.6) также предназначены для коммутации силовых электрических цепей на автомобилях и автобусах. При подключении обмотки электромагнита к источнику тока его якорь втягивается и через шток перемещает контактное устройство, замыкающее контакты. После замыкания стопорное устройство фиксирует контакты в замкнутом положении. После снятия питания с обмотки электромагнита при следующей подаче питания на обмотку шток воздействует на рычаг стопорного устройства, после чего пружина контактного устройства разрывает контакты. Выключатель допускает и ручную коммутацию цепи нажатием через резиновый чехол на якорь электромагнита.

Технические характеристики типовых переключателей и области их применения приведены в табл. 9.1.

Технические характеристики выключателей и области их применения приведены в табл. 9.2.

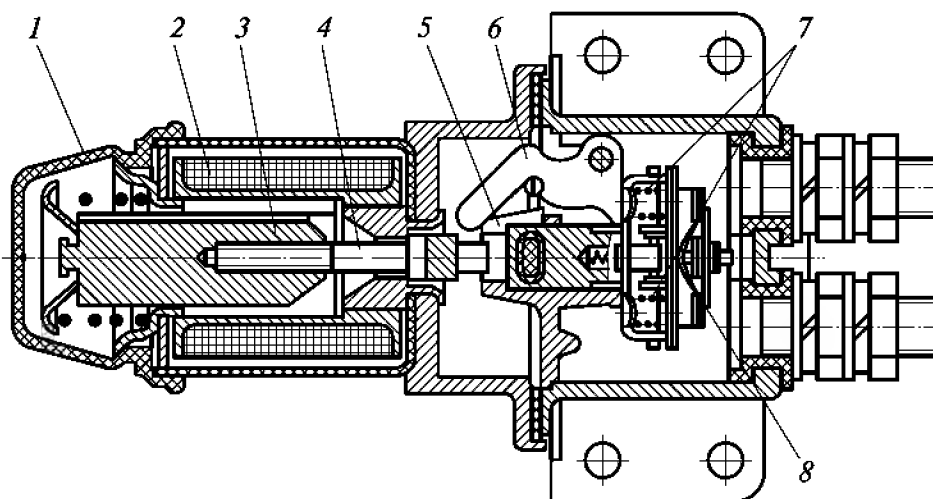


Рис. 9.6. Дистанционный выключатель «массы»:

1 — устройство ручного выключения; 2 — обмотка электромагнита; 3 — якорь; 4 — шток; 5 — стопор; 6 — рычаг; 7 — пружина; 8 — контактное устройство

Таблица 9.1. Технические характеристики переключателей и области их применения

Тип переключателя	Назначение, число положений	Номинальное напряжение, В	Номинальная сила тока, А	Конструктивные особенности	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
12.3709	Включение световой сигнализации, 13	12	12	Трехрычажный без трубы	0,655	ФГУП «ВПО Точмаш»	ВАЗ, ИЖ, «ГАЗель»
123.3709	Включение указателей поворота, света фар, стеклоочистителя, стеклоомывателя, 7	12	12	То же	0,655		ВАЗ-2104, -2105, -2107, -21213, -2113
68.3709	То же, 15	12	8	Комбинированный, двухрычажный	0,268	ГАО «РАР» (Латвия), ФГУП «ВПО Точмаш»	ВАЗ-2108, -2109, -2110
8902.3709	Блок переключателей указателей поворотов и света, стеклоочистителя, 7+7	12, 24	15, 7,5	Двухрычажный с переключателем П147-0429	1,3	ОАО «Авто-арматура»	КамАЗ
2213.3769	Включение указателей поворотов и света, 9+3+6	12	9	Трехрычажный	0,5		ВАЗ, «Ока»
П53-АБ	Переключение света фар, 2	12, 24	10, 5	Нажимной, ножной, герметичный	0,12	ОАО «ОСВАР»	Автобусы, тракторы

П150	Включение различных потребителей в зависимости от символа на клавише, 3	12, 24	8, 5	Клавишные	0,025	ОАО «Авто-арматура»	Автомобили, тракторы, комбайны
17.3769	Включение отопителя, 3	12	15	Двухклавишный без механизма фиксации, с подсветкой	0,06	ОАО «АВАР»	ВАЗ-2110, -2111, -2112
179.000	Микропереключатель, 2	12	2	Кнопочный	0,01	ОАО «Авто-арматура»	Автомобили

Таблица 9.2. Технические характеристики выключателей и области их применения								
Тип выключателя	Назначение	Число положений	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Конструктивные особенности	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
ВК34	Включение звукового сигнала	2	12	3	Кнопочный без фиксации	0,04	ОАО «АВАР»	Автомобили, автобусы, тракторы
ВК322	Включение различных потребителей	2	12, 24	5, 3	Кнопочный без фиксации	0,059	АОЗТ «СО-АТЭ»	То же
ВК353	Выключатель зажигания и других потребителей	4	12, 24	15, 7	Поворотный с запорным цилиндром	0,2	ОАО «Авто-арматура»	

Тип выключателя	Назначение	Число полюсов	Номинальное напряжение, В	Номинальная сила тока, А	Конструктивные особенности	Масса, кг	Изготовитель	Область применения
ВК403	Включатель света заднего хода	2	12, 24	2,5, 1,25	Кнопочный	0,065	ОАО «Автокомплект»	Автомобили, автобусы, тракторы
ВК407	Включение и выключение освещения при открытии и закрытии дверей	2	12	2	Кнопочный	0,065	ОАО «ЛЭТЗ»	Автомобили
12.3704	Выключатель зажигания и других потребителей	4	12, 24	23, 11,5	Поворотный с запорным цилиндром	0,18	ОАО «Автоарматура»	Автомобили, автобусы

9.3. ЗАЩИТНАЯ АППАРАТУРА

Защита электрических цепей от коротких замыканий и перегрузок осуществляется плавкими или термобиметаллическими предохранителями, плавкими вставками и позисторами.

Плавкие предохранители (рис. 9.7, а) снабжены калиброванной ленточкой, расплавляющейся, если ток в цепи достигает опасных значений.

У малогабаритных предохранителей штекерного типа калиброванная ленточка помещена в пластмассовую оболочку, что увеличивает скорость их срабатывания. Увеличение скорости срабатывания достигается также формой и размерами плавкой ленты. Плавкие предохранители обычно объединяются в блоки.

В *термобиметаллических предохранителях* (рис. 9.7, б) защищаемая цепь разрывается при прогибе биметаллической пластины с подвижным контактом при прохождении по ней тока опасной величины.

Термобиметаллические предохранители более инерционны по сравнению с плавкими предохранителями, их обычно применяют в цепях защиты электродвигателей. Эффективность действия пред-

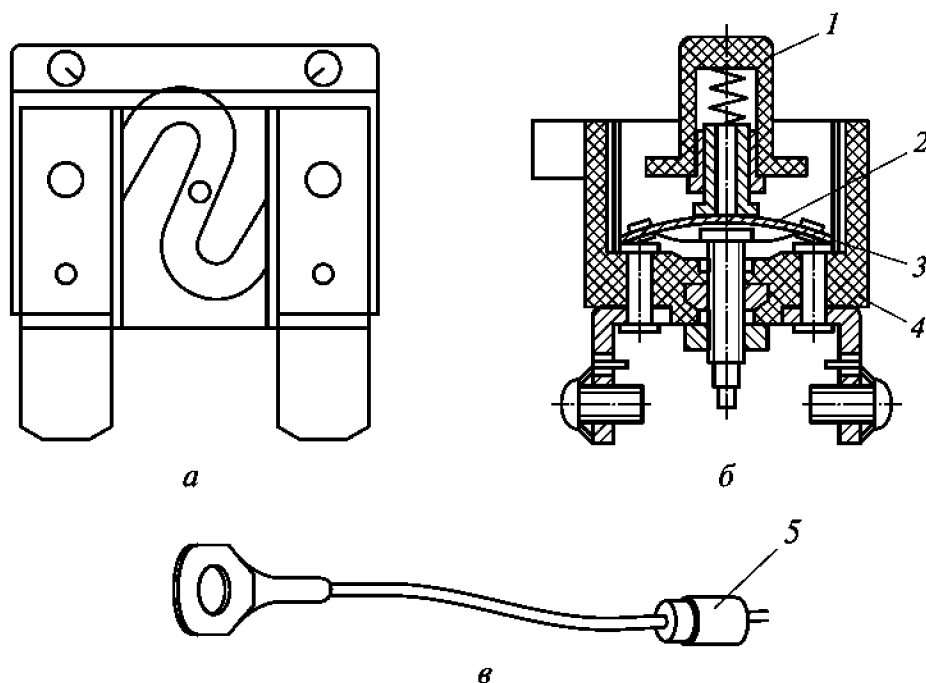


Рис. 9.7. Предохранители:

а — плавкий; б — термобиметаллический; в — плавкая вставка; 1 — кнопка возврата; 2 — биметаллическая пластина; 3 — контактная пара; 4 — корпус; 5 — соединитель

Таблица 9.3. Номинальная сила тока срабатывания предохранителя						
Тип предохранителя	Сила тока, А, при сечении провода, мм ²					
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5
Плавкий	8	10	10	16	20	30
Термобиметаллический	10	15	15	20	30	40

охранителей определяется по их амперсекундной характеристике, связывающей силу тока через предохранитель и время его срабатывания. Характеристика имеет существенный разброс и зависит от температуры окружающей предохранитель среды.

Номинальная сила тока срабатывания предохранителя связана с сечением проводящей жилы защищаемого им провода (табл. 9.3).

Плавкая вставка представляет собой отрезок провода, сечение которого вчетверо меньше сечения защищаемого ею провода (рис. 9.7, в).

В последнее время для защиты электрических цепей электродвигателей широко применяются позисторы.

Позистор представляет собой полупроводниковый терморезистор, у которого сопротивление при достижении определенной температуры (точки Кюри) скачкообразно возрастает во много раз. Когда сила тока, протекающего через позистор, достигает критической величины, нагрев позистора достигает точки Кюри, и он резко увеличивает свое сопротивление, защищая цепь от перегрузки. Схема приходит в нормальное состояние только после снятия напряжения.

9.4.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ И ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ

К параметрам приборов коммутации, которые контролируют в процессе диагностирования, относятся:

- для выключателей — номинальный ток, число положений и конструктивные особенности (кнопочный тип, перекидной, поворотный, вытяжной и т. д.), усилие выключения и сопротивление замкнутых контактов;
- для переключателей — номинальный ток, число положений и схема коммутации, усилие переключения, падение напряжения на замкнутых контактах;

- для реле — напряжение срабатывания и отпускания, ток коммутации и схема коммутации;
- для контактов — напряжение срабатывания, отпускания и ток нагрузки, сила тока в обмотке управления;
- для электронных реле — алгоритм работы, потребляемый ток;
- для блоков предохранителей и реле — схема коммутации, напряжения срабатывания и отпускания, токи коммутации.

Электрические параметры выключателей, переключателей, реле и контакторов измеряются с применением вольтметров и амперметров класса не ниже 1,0 при температуре окружающей среды $(27 \pm 10)^\circ\text{C}$, напряжение питания — номинальное. Ряд параметров коммутационной аппаратуры (у электронных реле) измеряют с помощью осциллографа и сравнением осциллограмм с эталонными эпюрами. Схемы коммутации проверяют с использованием специального программатора, который автоматически задает алгоритм функционирования коммутационных изделий, а правильность соединения цепей оценивается по зажиганию контрольных ламп.

Наиболее сложным изделием является блок предохранителей и реле, проверка которого возможна только с применением ЭВМ по специальной контрольной программе с распечаткой результатов контроля. Алгоритм проверки построен таким образом, что вначале проверяются цепи с предохранителями и развязывающими диодами, а затем цепи с электромагнитическими и электронными реле.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие функции выполняет система коммутации и защиты сетей электрооборудования автомобилей и тракторов?
2. Объясните принцип работы коммутационной аппаратуры.
3. Объясните принцип работы защитной аппаратуры.
4. Каковы конструктивные особенности электромагнитных реле?
5. Каковы особенности конструкции предохранителей?
6. Как диагностировать переключатели и выключатели?
7. Как диагностировать блок предохранителей и реле?
8. Как работает позисторный предохранитель?
9. Какие функции выполняет блок предохранителей и реле (монтажный блок)?

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

10.1. ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Электродвигатель с механизмом передачи механической энергии и схемой управления образуют систему электроприводного механизма.

Электродвигатель, механизм для передачи механической энергии, исполнительный механизм, элементы схемы управления и защиты от короткого замыкания могут быть конструктивно объединены в одном устройстве. Электродвигатель, объединенный с редуктором, образуют моторедуктор, а электродвигатель, объединенный с насосом — мотонасос, с крыльчаткой вентилятора — электровентилятор.

Электропривод приводит в действие вентиляторы отопителей и системы охлаждения двигателя, стеклоподъемники, устройства выдвижения антенн, стеклоочистители, насосы омывателей, фарочистители, вентиляторы подогревателя, топливные насосы, регуляторы положения сидений и др.

На автомобилях и тракторах применяют электродвигатели только постоянного тока. Ряд номинальных мощностей 6; 10; 16; 25; 40; 60; 90; 120; 150; 180; 250 Вт соответствует ряду номинальных частот вращения валов 2000; 3000; 4 000; 5 000; 6 000; 8 000; 9 000 и 10 000 мин⁻¹.

Электродвигатели с электромагнитным возбуждением в системе электропривода агрегатов автомобиля и трактора имеют последовательное, параллельное или смешанное возбуждение. Реверсивные электродвигатели снабжены двумя обмотками возбуждения. Типовой электродвигатель с электромагнитным возбуждением представлен на рис. 10.1.

Все электродвигатели двухполюсные, пакеты статора 12 набираются из стальных пластин толщиной 0,6... 1,0 мм. Якорь 1 вращается

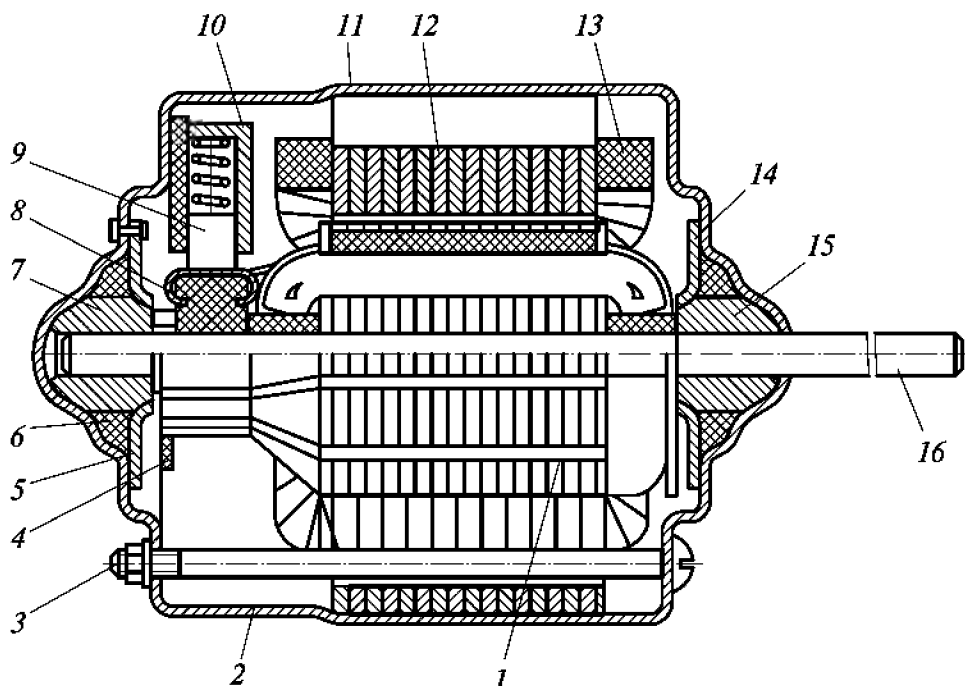


Рис. 10.1. Электродвигатель с электромагнитным возбуждением:

1 — якорь; 2 — крышка; 3 — стяжной винт; 4 — траверса; 5, 14 — центрирующие пружины подшипников; 6 — фетровая шайба (набивка); 7, 15 — подшипники; 8 — коллектор; 9 — щетка; 10 — щеткодержатель; 11 — корпус; 12 — статор с полюсами; 13 — обмотка возбуждения; 16 — вал якоря

в самоустанавливающихся подшипниках скольжения 7, 15 с металлокерамическими вкладышами. Вкладыши удерживаются в крышках пластинчатыми пружинами 5, 14 и смазываются от набивки 6. Коллектор 8 выполняется штамповкой из медной ленты или из трубы. Число коллекторных пластин равно числу пазов пакета якоря. Обмотка якоря — петлевая. Число пазов в зависимости от типа электродвигателя — 7; 10; 11; 15, а число витков — от 1 до 110. Обмотки возбуждения 13 имеют число витков от 24 до 522. Крышка 2 и корпус изготавливают цельнотянутыми из листовой стали. Щеткодержатель 10 обычно коробчатого типа из пластмассы.

Электродвигатели большой мощности выполняются на базе генераторов постоянного тока и близки им по конструкции, имеют корпус из полосовой низкоуглеродистой стали или из трубы, на котором закреплены полюса с обмотками возбуждения. В крышках, стянутых между собой болтами, расположены шариковые подшипники.

Электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов нашли на автомобилях наиболее широкое распространение. В электродвигателе отопителя (рис. 10.2) постоянные магниты 2

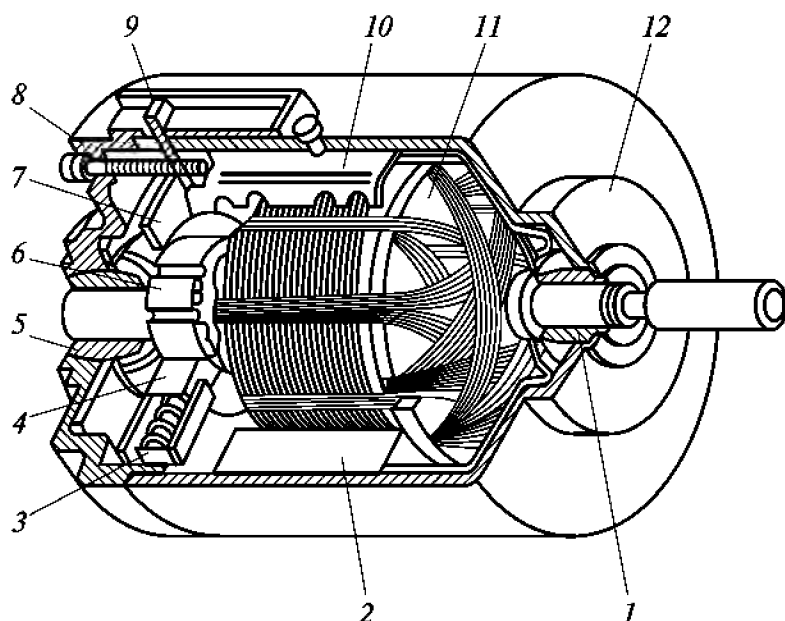


Рис. 10.2. Электродвигатель отопителя:

1, 5 — подшипники; 2 — магнит; 3 — щеткодержатель; 4 — щетка; 6 — коллектор; 7 — траверса; 8 — крышка; 9 — пластина; 10 — пружина; 11 — якорь; 12 — корпус

закреплены на корпусе 12 пружинами 10. Вал якоря 11 установлен в подшипниках 1 и 5 из порошкового материала, расположенных в корпусе и крышке 8. Крышка прикреплена к корпусу винтами, ввернутыми в пластины 9. Ток к коллектору 6 подводится через щетки 4, помещенные в щеткодержатель 3. Траверса 7 из изоляционного материала, объединяющая все щеткодержатели в общий узел, прикреплена к крышке 8.

На электродвигателях мощностью до 100 Вт применяют подшипники скольжения с вкладышами из порошкового материала, щеткодержатели коробчатого типа и коллекторы, штампованные из медной ленты с опрессовкой пластмассой или из трубы с продольными пазами на внутренней поверхности.

Постоянные магниты разных типов устанавливают в магнитопроводы, залитые в пластмассовый корпус, прикрепляют к корпусу плоскими стальными пружинами или приклеивают к магнитопроводу, который размещен в крышке электродвигателя.

Двухскоростные двигатели с электромагнитным возбуждением имеют выводы каждой катушки возбуждения, электродвигатели с постоянными магнитами оборудованы третьей дополнительной щеткой, при подаче напряжения на которую частота вращения вала увеличивается.

Моторредукторы применяют в стеклоочистителях ветрового и заднего стекол, а также в фароочистителях. Электродвигатель моторредуктора стеклоочистителя заднего стекла по конструкции аналогичен отдельному электродвигателю, применяемому в электроприводе (рис. 10.3). Однако его вал длиннее и заканчивается червяком 2. Электродвигатель не имеет передней крышки, ее функции выполняет стенка корпуса 4 редуктора. Щеточно-коллекторный узел расположен со стороны механизма привода. Щеточно-коллекторный узел расположен со стороны механизма привода.

Червяк 2 через закрепленный на нем палец приводит в действие кривошипный механизм, преобразующий вращательное движение колеса в колебательное движение выходного вала редуктора, соединенного с рычагом щетки. В моторредукторе кривошипный механизм состоит из пластин с зубчатыми секторами 5 и 7 и обеспечивает угол качания щетки до 130° . Биметаллический предохранитель моторредуктора защищает двигатель от перегрузки. Контактный диск концевого выключателя с прорезью установлен на зубчатом колесе редуктора. Небольшая щетка, скользящая

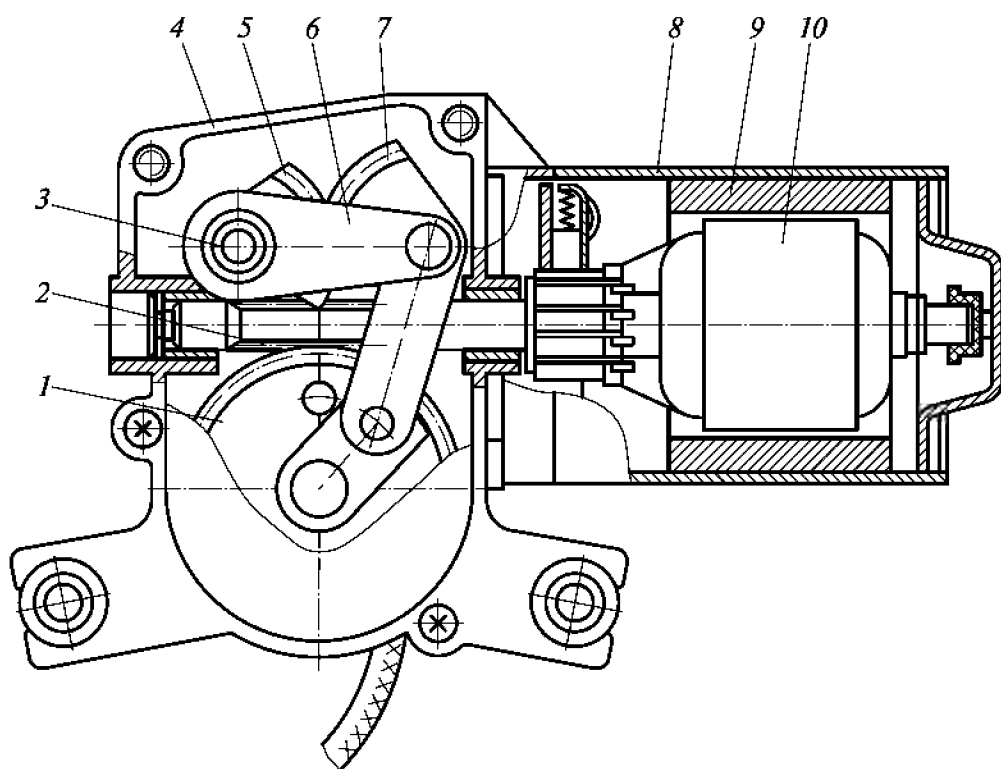


Рис. 10.3. Моторредуктор стеклоочистителя заднего окна:

1 — шестерня; 2 — червяк; 3 — выходной вал; 4 — корпус редуктора; 5, 7 — зубчатые сектора; 6 — серьга; 8 — корпус электродвигателя; 9 — постоянный магнит; 10 — якорь

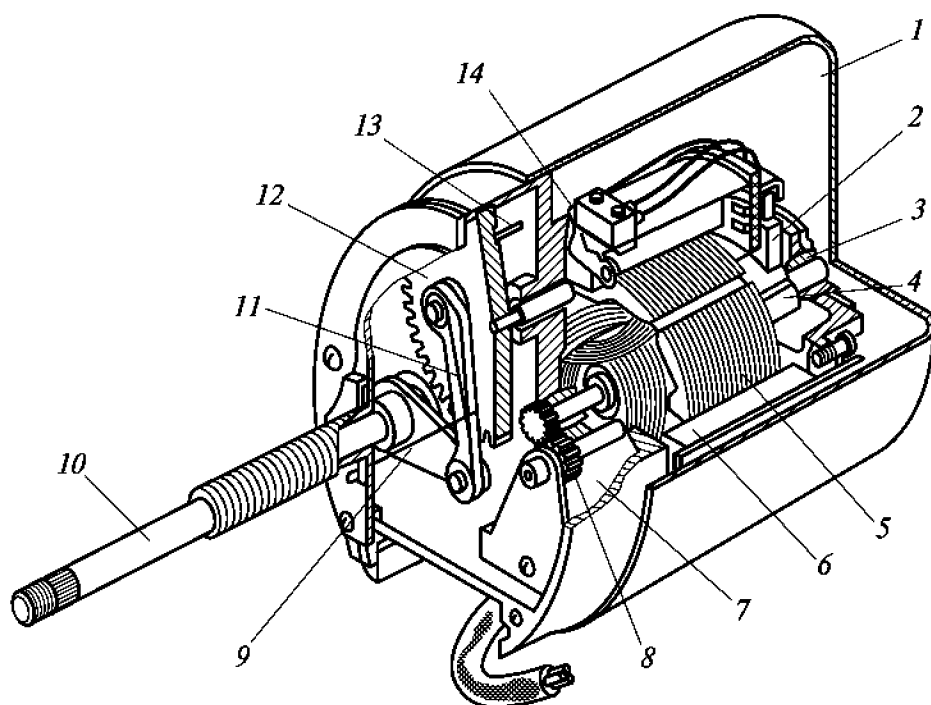


Рис. 10.4. Моторедуктор очистителя фар:

1 — корпус; 2 — щетка; 3 — подшипник; 4 — коллектор; 5 — якорь; 6 — постоянный магнит; 7 — зубчатое колесо первой ступени редуктора; 8 — шестерня второй ступени редуктора; 9 — поводок; 10 — выходной вал; 11 — шатун; 12 — зубчатое колесо второй ступени редуктора; 13 — шток; 14 — выключатель

по торцу контактного диска, разрывает цепь, когда попадает в прорезь диска.

Малогабаритные моторедукторы очистителя фар не имеют червячного редуктора (рис. 10.4). Вместо него применен цилиндрический многоступенчатый редуктор, выходной вал 10 которого параллелен валу двигателя. Вращательное движение зубчатого колеса редуктора преобразуется в колебательное движение выходного вала двухэлементным кривошипным механизмом, состоящим из шатуна 11 и поводка 9. Размах колебаний выходного вала, равный 60° , необходим для очистки фар круглой формы.

Для очистки фар прямоугольной формы достаточен размах колебаний до 45° , который обеспечивается одноэлементным кривошипным механизмом. В этом случае вращательное движение зубчатого колеса редуктора преобразуется в колебательное движение выходного вала с помощью шатуна и закрепленного на торцевой поверхности колеса пальца, входящего в прорезь шатуна. Концевой выключатель разрывает цепь электродвигателя, когда его шток попадает в углубление зубчатого колеса.

Электродвигатель и редуктор расположены в одном корпусе. Многие типы моторедукторов не имеют встроенного кривошипного механизма. Их вал совершает вращательное движение.

Мотонасос струйной очистки фар (рис. 10.5) включает электродвигатель 3 с возбуждением от постоянных магнитов и водяной насос 2. Ротор 1 центробежного насоса выполнен из пластмассы. Мотонасос применяется в системах омывателей стекол и фар, а также струйной очистки фар. Режим работы мотонасоса кратковременный или повторно-кратковременный. Внутренняя полость насоса герметизирована.

Электровентильатор с электродвигателем типа МЭ272 с возбуждением от постоянных магнитов размещается на кронштейне после радиатора с охлаждающей жидкостью. В корпусе электровентильатора расположен якорь, который вращается в двух подшипниках скольжения и шарикоподшипнике. На вал электродвигателя напрессовывается динамически отбалансированная крыльчатка вентильатора.

Управление включением электродвигателя в электроприводах агрегатов автомобиля и трактора осуществляется непосредственно включателем или через контакты промежуточного реле. В двухскоростном электроприводе изменение частоты вращения вала электродвигателя достигается включением последовательно в цепь якоря резистора или, если конструкция двигателя это пред-

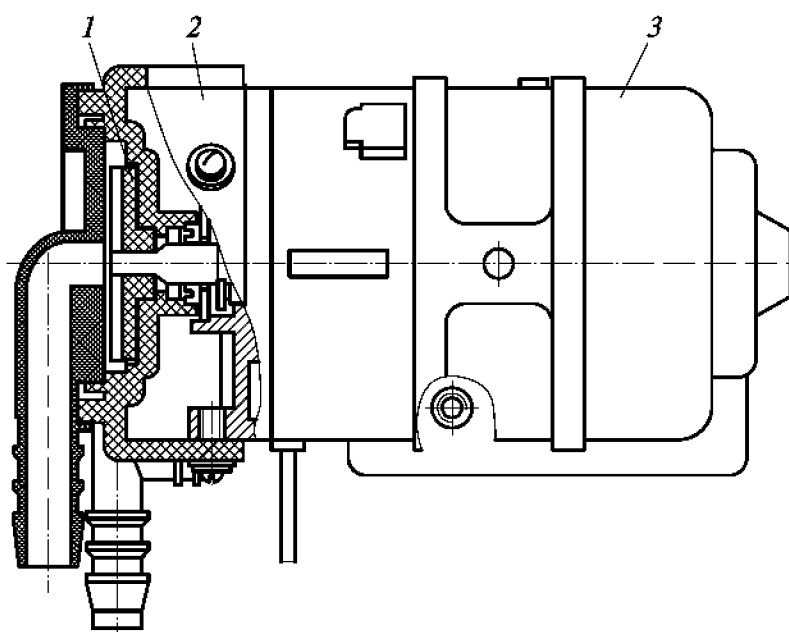


Рис. 10.5. Мотонасос струйной очистки фар:

1 — ротор насоса; 2 — насос; 3 — электродвигатель

Таблица 10.1. Технические характеристики электродвигателей

Тип электро- двигателя	Изготовитель	$U_{ном}$ В	$P_{ном}$ Вт	$I_{ном}$ А	$n_{ном}$, мин ⁻¹	Масса, кг	Якорь		Магнит		Корпус	
							Δ лина, мм	Диаметр, мм	Δ лина, мм	Диаметр, мм	Δ лина, мм	Диаметр, мм
МЭ11	ОАО «КЗАЭ»	12	6	2,4	3 000	0,5	10,6	41,2	15,0	60,0	55,0	62,0
62.3760		24	5	0,9	2 500	0,5	10,6	41,2	15,0	60,0	55,0	62,0
МЭ737		24	25	2,2	3 000	1,0	27,0	41,2	30,0	60,0	75,0	62,0
МЭ250	ОАО «Авто- комплект»	24	40	3,3	3 000	1,3	25,0	54,2	64,0	75,0	100,0	77,0
МЭ252		24	180	12,5	6 500	4,7	Электромагнитное возбуждение*					
МЭ252-Б		24	280	18,1	8 000	4,8						
МЭ255	ОАО «КЗАЭ»	12	20	5,0	3 000	0,85	18,0	41,2	30,2	60,0	62,0	63,0
19.3730		12	40	6,5	3 000	1,3	25,0	54,0	30,0	75,0	100,0	77,0
56.3730		12	4	1,5	45—60 двой- ных ходов	0,66	—	—	—	—	—	—
35.3730	ОАО «АТЭ-1»	24	50	1,9	1 800	1,15	—	—	—	—	—	—
45.3730	ОАО «КЗАЭ»	12	90	14,0	4 100	1,0	30,0	41,2	45,0	66,0	50,0	68,0
51.3730		12	90	15,0	3 000	1,3	25,0	54,2	30,0	75,0	74,0	77,0

57.3730		12	2,5	4 000	1,0	Электромагнитное возбуждение*					
73.3730		24	1,0	2 500	0,5	10,6	41,2	15,0	60,0	55,0	62,0
74.3730		12	3,3	5 500	0,5	10,6	41,2	15,0	60,0	55,0	62,0
76.3730		12	4,0	4 700	0,5	10,6	41,2	15,0	60,0	55,0	62,0
9702.3730		24	7,5	7 000	1,6	25,0	54,2	30,0	75,0	74,0	77,0
9742.3730	ОАО «АТЭ-1»	12	15,0	3 000	1,6	25,0	54,2	30,0	75,0	74,0	77,0
34.3730		24	5,8	4 800	3,2	Электромагнитное возбуждение*					

Пр и м е ч а н и е. $U_{ном}$, $P_{ном}$, $I_{ном}$, $\rho_{ном}$ — номинальные значения соответственно напряжения, мощности, силы тока, частоты вращения коленчатого вала двигателя.

* По электродвигателям с электромагнитным возбуждением размеры не приводятся.

усматривает, изменением числа включенных в цепь катушек обмоток возбуждения, подводом тока к третьей щетке двигателя с возбуждением от постоянных магнитов.

В системе охлаждения двигателя автомобиля электродвигатель вентилятора управляется по сигналу биметаллического датчика температуры охлаждающей жидкости. У холодного двигателя контакты датчика температуры разомкнуты, и обмотка реле обесточена. Электродвигатель вентилятора отключен от бортовой сети, и двигатель автомобиля интенсивно прогревается. При достижении заданной температуры контакты датчика замыкаются, и управляющее реле включает электродвигатель вентилятора. При переохлаждении двигателя вентилятор отключается. Такая работа вентилятора обеспечивает оптимальный тепловой режим работы двигателя, а следовательно, экономичный расход топлива.

В табл. 10.1 представлены технические характеристики электродвигателей.

10.2. УПРАВЛЕНИЕ СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЯМИ И СТЕКЛООМЫВАТЕЛЯМИ

Схема управления электродвигателем стеклоочистителя должна обеспечивать возможность его работы с малой и большой частотой вращения вала, периодическим включением электродвигателя с перерывами в 3...5 с, а также укладку щеток при отключении стеклоочистителя в крайнее положение.

На рис. 10.6 приведена схема управления двухскоростным стеклоочистителем. Электродвигатель М стеклоочистителя управляется переключателем SA, имеющим три положения. Вывод «+» от

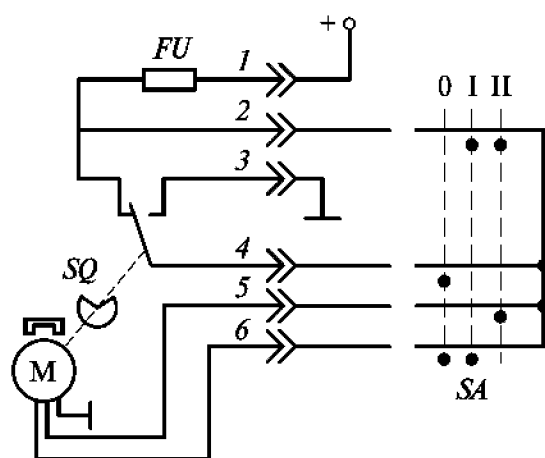


Рис. 10.6. Схема управления двухскоростным стеклоочистителем:

1—6 — выводы; 0, I, II — положения переключателя SA; М — электродвигатель; SQ — выключатель

бортовой сети автомобиля подключен к переключателю *SQ* через биметаллический предохранитель *FU* и выводы 1 и 2 штекерного разъема электродвигателя. Вывод 3 штекерного разъема постоянно соединен с «массой». В положении I переключателя *SA* напряжение подается на основные щетки электродвигателя, и он работает с малой частотой вращения вала. При переводе переключателя в положение II через вывод 5 напряжение подводится к дополнительной щетке и электродвигатель начинает работать с высокой частотой вращения. Для останова электродвигателя переключатель *SA* переводят в положение 0. Однако электродвигатель при этом сразу не останавливается, а продолжает работать, так как цепь замкнута через контакты концевого выключателя *SQ* и выводы 4 и 6. После укладки щеток в крайнее положение концевой выключатель срабатывает и замыкает замыкающие контакты. При этом щетки двигателя через выводы 3, 4 и 6 оказываются соединенными накоротко, двигатель начинает работать в режиме динамического торможения, и его останов ускоряется.

Управление стеклоочистителем автоматизируется с помощью теплового реле времени (рис. 10.7). Два вывода электродвигателя *M* постоянно подключены к сети электроснабжения (вывод 4 соединен с «массой», вывод 2 — с выводом «+» бортовой сети).

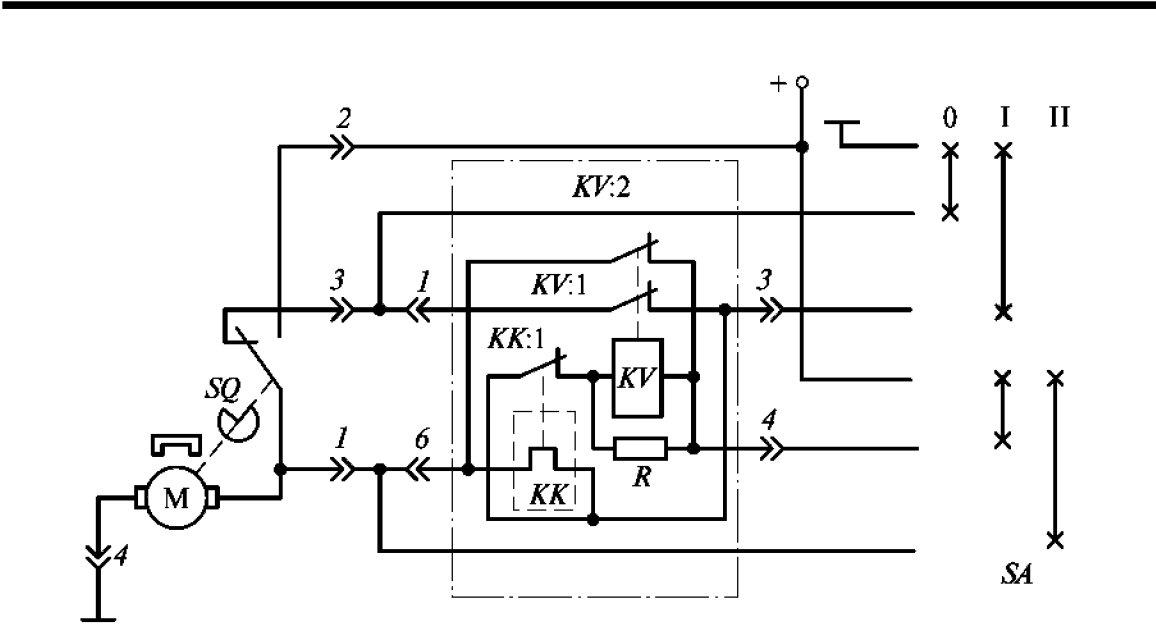


Рис. 10.7. Схема управления стеклоочистителем с помощью теплового реле времени:
 0, I, II — положения переключателя; *SA*, *SQ* — переключатель и выключатель; *KV* — обмотка реле; *KV:1*, *KV:2* — контакты реле; *KK* — тепловое реле; *KK:1* — контакты теплового реле; *R* — резистор; *M* — электродвигатель

В положении II переключателя *SA* на электродвигатель *M* подается напряжение через выводы 1 и 4, он работает с постоянной частотой вращения до тех пор, пока переключатель *SA* не будет переведен в другое положение. В положении I к сети электроснабжения подключаются выводы 3 и 4 реле. При этом через размыкающие контакты *KK:1* теплового реле *KK* напряжение подводится к обмотке реле *KV*. Оно замыкает замыкающие контакты *KV:2*, и электродвигатель начинает работать, соединенный через вывод 6 реле. Одновременно к сети подключается спираль теплового реле *KK*. При ее прогреве биметаллическая пластинка реле прогибается и разрывает контакты *KK:1*. При этом обесточивается обмотка реле *KV*, его контакты *KV:2* размыкаются, отключая спираль теплового реле от сети электроснабжения, и замыкаются контакты *KV:1*.

Электродвигатель переходит в режим динамического торможения, когда замкнутся замыкающие контакты концевого выключателя *SQ*. При этом он будет отключен от сети до тех пор, пока биметаллическая пластина теплового реле *KK* не остынет и не замкнутся контакты *KK:1*. После этого реле *KV* вновь включит электродвигатель в работу.

Таким образом, при положении I переключателя *SA* достигается прерывистый режим работы стеклоочистителя. При положении «0» переключателя *SA* электропривод отключается после того, как щетки стеклоочистителя займут крайнее положение.

Применение электронного реле позволяет совместить управление стеклоочистителем и стеклоомывателем лобового стекла (рис. 10.8). При положении I выключателя *SA* система отключается. Выводы якоря электродвигателя *M1* стеклоочистителя через его размыкающий концевой выключатель *SQ* и контакты *KV:2* реле *KV* оказываются замкнутыми, вследствие чего обеспечиваются динамическое торможение и быстрый останов электродвигателя.

При положении IV выключателя *SA* напряжение сети через встроенный в стеклоочиститель биметаллический предохранитель *FU3* подается на основные щетки электродвигателя *M1* и он работает с малой частотой вращения вала. В случае перевода выключателя *SA* в положение V напряжение бортовой сети подводится к третьей дополнительной щетке электродвигателя, и он работает с высокой частотой вращения вала; интенсивность очистки стекла увеличивается.

В системе очистки стекла заднего окна электронное реле времени (рис. 10.9) после возвращения рычага выключателя *SA* стеклоомывателя в исходное положение еще в течение 5 с держит

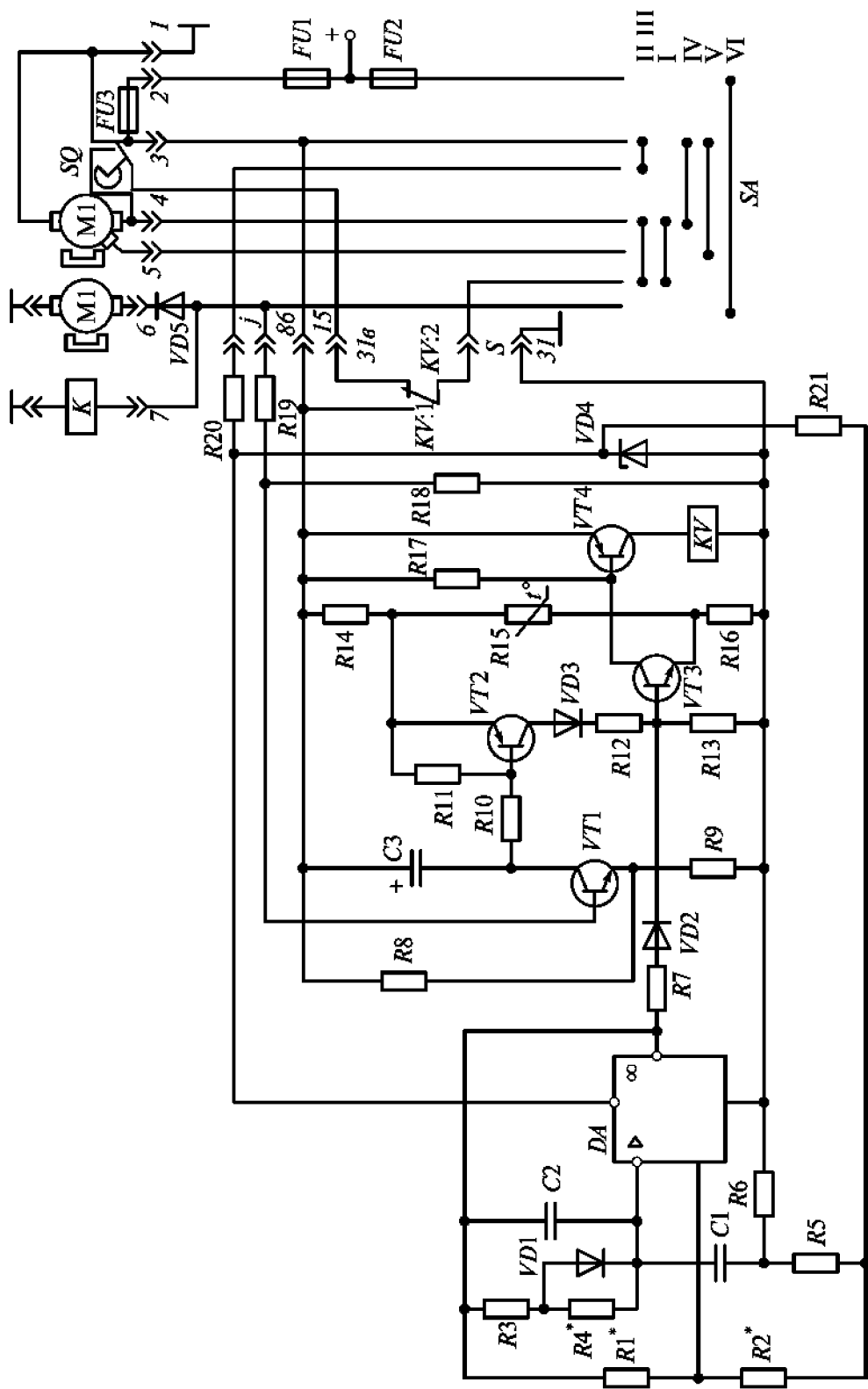


Рис. 10.8. Схема управления стеклоочистителем и стеклоомывателем электронным реле:

SQ — выключатель; VD1 — VD5 — диоды; KV:1, KV:2 — контакты реле; DA — микросхема; 1—7, 15, 31, 31в, 86, J, S — номера штекеров и проводки; K — обмотка реле; I—VI — положения переключателя SA; FU1 — FU3 — предохранители; R1—R21 — резисторы; VT1—VT4 — транзисторы; M1, M2 — электродвигатели стеклоочистителя и омывателя

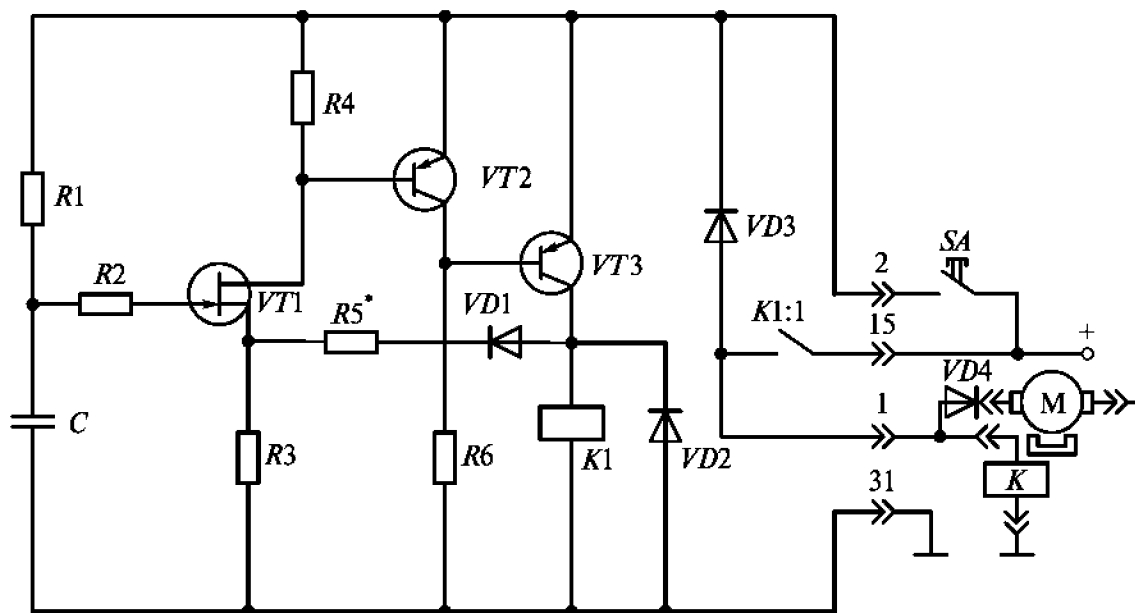


Рис. 10.9. Схема управления стеклоомывателем с электронным реле времени:

$VD1—VD4$ — диоды; C — конденсатор; SA — переключатель; $R1—R6$ — резисторы; $K1$ — реле; $VT1—VT3$ — транзисторы; M — мотонасос

клапан K и мотонасос M во включенном состоянии. Задержка связана с медленным нарастанием напряжения на конденсаторе C , подсоединенном к затвору полевого транзистора $VT1$. Переход $VT1$ в открытое состояние открывает $VT2$, закрывает $VT3$ и отсоединяет реле $K1$ от цепи электроснабжения.

10.3. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Работоспособность электроприводных механизмов и вспомогательного оборудования определяется работой электродвигателя постоянного или кратковременного режима работы, надежностью редукторов различных типов и электрических изделий, входящих в привод или оборудование (термобиметаллический предохранитель, нагревательный элемент и т. д.).

Работоспособность электропривода и вспомогательного оборудования диагностируется при проведении ТО-1 и ТО-2. Основное внимание при диагностировании придается выполнению электроприводами рабочих циклов в соответствии с НТД и их предназначением. При ТО-2 рекомендуется измерять потребляемую силу тока элек-

Таблица 10.2. Основные неисправности электроприводов, их диагностирование и способы устранения				
Неисправность	Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности	
При включении привода вал электродвигателя не вращается медленно	Отсутствие или высыхание смазки в подшипниках электро-двигателя	Проверяют при разборке моторедуктора	Закладывают смазку в подшипники, при значительном износе подшипник меняют	
	Межвитковое или короткое замыкание обмотки на «массу», обрыв в обмотке якоря	Проверяют тестером	При необходимости меняют якорь электродвигателя	
	Обрыв, межвитковое или короткое замыкание обмотки возбуждения		Меняют электродвигатель	
	Загрязнение, замасливание или подгар коллектора электро-двигателя	Проверяют визуально состояние коллектора	Коллектор зачищают стальной шкуркой или протачивают на токарном станке	
При включении выключателя вал электродвигателя не вращается или вращается медленно	Межламельное замыкание коллектора из-за попадания про-дуктов износа щеток	Проверяют тестером и визу-ально состояние коллектора	Очищают коллектор стальной шкуркой и протачивают коллектор	
	Щетки слабо прижимаются к коллектору из-за предельного износа или зависания в направляющих и растяжения пружин	Проверяют усилие прижатия щеток к коллектору с помощью динамометра	При необходимости меняют щетки, пружинки, очищают от грязи направляющие щеткодержателя	
При включении выключателя вал электродвигателя	Выступание межламельной изоляции в результате износа коллектора	Проверяют состояние коллектора визуально	Протачивают на токарном станке и протачивают коллектор	

Неисправность	Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
Неисправность мед-ленно вращается вал	Перегорание предохранителя или срабатывание термобиметаллического предохранителя в цепи электродвигателя из-за заклинивания редуктора или пантографа стеклоочистителя	Проверяют тестером последовательно цепь электродвигателя и работоспособность редуктора и пантографного механизма	Меняют перегоревший предохранитель, устраняют короткое замыкание или заедание механизмов редуктора и пантографа
	Обрыв проводки в цепи управления электроприводом	Проверяют тестером или контрольной лампой по цепи	Устраняют обрыв цепи
	Неисправен переключатель режимов работы моторедуктора	Проверяют контрольной лампой, подсоединяя ее к выводам первого и второго режимов переключателя	При необходимости меняют переключатель
При включении переключателя вал электродвигателя не вращается или вращается медленно	Электродвигатель работает только на одной скорости из-за неисправности переключателя	Проверяют контрольной лампой, подсоединяя ее к выводам первого и второго режима работы переключателя	Меняют переключатель
	Неисправно реле включения электродвигателя или датчик	Проверяют тестером или контрольной лампой	При необходимости меняют реле или датчик
Повышенный шум при работе электродвигателя	Значительный износ подшипников электродвигателя	Определяют при разборке	При необходимости меняют подшипники
	Сильный износ коллектора	Определяют визуально	Протачивают коллектор
	Не притерты щетки		Притирают щетки

троприводом в режиме холостого хода или на заторможенном валу электродвигателя — силу тока короткого замыкания.

Основные проявления неисправностей электродвигателей, технология их диагностирования и способы устранения приведены в табл. 10.2.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные функции электроприводных механизмов.
2. Каковы особенности конструкции электродвигателей постоянного тока?
3. Каковы особенности систем управления электроприводом?
4. Расскажите о схемах управления стеклоочистителем.
5. Расскажите об особенностях схемы управления стеклоочистителем заднего стекла.
6. Как диагностировать системы электропривода?
7. Как защищают электроприводные механизмы от коротких замыканий?

СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ И АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

11.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

К электрическим и электронным системам и приборам, обеспечивающим безопасность дорожного движения автомобилей, относятся:

- фары ближнего и дальнего света, противотуманные фары и фонари, фары-прожекторы, светосигнальная аппаратура (указатели поворотов, задние фонари, катафоты или световозвращатели, опознавательные знаки автопоезда, габаритные огни, сигналы торможения, фонари освещения номерного знака, аварийная сигнализация);
- сигнализаторы, стеклоочистители и стеклоомыватели переднего и заднего стекол, фароочистители и фароомыватели, звуковой сигнал, устройства обдува и обогрева ветрового стекла, обогрев заднего стекла, противотуманные системы, спидометры, счетчики пройденного пути, тахометры, тахографы, мотосчетчики и жгуты проводов;
- ремни и подушки безопасности с электронным управлением;
- антиблокировочные и противобуксовочные системы тормозов с электронным управлением;
- блокировка передних и задних дверей;
- электромеханический усилитель руля;
- спидостат (автоматическая система поддержания постоянной скорости автомобиля).

Первые две группы приборов и систем относят к пассивным средствам дорожной безопасности, а остальные — к активным средствам.

11.2. РЕМНИ И ПОДУШКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Для защиты водителя и пассажиров при дорожных происшествиях, связанных со столкновением автомобиля с препятствием или другим участником дорожного движения, применяются средства поглощения энергии столкновения. К этим средствам относятся конструктивные меры, обеспечивающие разумную безопасность за счет поглощения энергии столкновения через пластическую деформацию металла корпуса, разрушения рулевой колонки и т.д.

Однако главным гарантом безопасности человека при столкновении автомобиля с препятствием являются ремни, ограничивающие перемещение человека в кресле, и подушки безопасности, располагающиеся в колонке рулевого колеса и в боковине кабины. При раздувании подушек, которое происходит мгновенно от резкого удара, водитель и передний пассажир поддерживаются в безопасном положении. Раздувшийся мешок подушки фиксирует человека и защищает его от контактов с деформирующимся корпусом автомобиля.

В электронную систему безопасности с надувными подушками входит датчик столкновения (ускорения), блок управления, подушки безопасности и устройство наполнения подушек газом или пеной. Различают систему безопасности с надувными подушками при лобовом ударе и при боковом ударе автомобиля. В эти системы вошли датчики обнаружения размеров и положения пассажира, регулятор наполнения мешка полным газовым зарядом или выпуском половины заряда наружу. Положение пассажира определяют датчики измерения положения кресла пассажира (обычно расположены на крыше салона) и веса пассажира.

Информация о пассажире суммируется с информацией о величине ускорения (определяется серьезность столкновения) и процессор вырабатывает командный сигнал регулятору наполнения подушки в трех режимах: полное наполнение, частичное наполнение или отсутствие наполнения. Эта программа в зависимости от выполненных расчетов обеспечивает наилучший шанс выживания пассажира.

Несанкционированное срабатывание системы происходит из-за ложных сигналов датчика ускорения и в этом случае воздействие надувных мешков на пассажира или водителя не очень опасно.

Фронтальные подушки безопасности являются стандартным оборудованием на всех новых моделях зарубежных автомобилей. На отечественных транспортных средствах они появились на автомобиле «Патриот» (ВАЗ).

Защитные подушки от боковых ударов приспособлены для пассажира переднего сидения и защищают его грудь, голову и таз.

В качестве датчиков ускорения (акселерометров), которые применяются в автоматических системах управления программируемых амортизаторов, в антиблокировочных системах тормозов и в системах пассивной безопасности (подушки безопасности), используют пьезоэлектрические (кварцевые) датчики, пьезорезистивные, емкостные и на эффекте Холла.

Конструкция акселерометров предусматривает систему упругой массы, перемещающейся под воздействием ускорения, и устройство измерения этого перемещения. Конструктивно они изготавливаются в виде консольной балки с грузом (магнитом в случае датчика Холла) на ее конце. Материал балки — сталь с высоким модулем упругости, прижатая к керамической подложке. Перемещение балки с магнитом небольшое, что обеспечивает датчику линейную характеристику.

Акселерометры с обратной связью (с устройством восстановления или рекомпенсации усилия от ускорения) обладают меньшей нелинейностью, гистерезисом и высокой повторяемостью своих характеристик. Точность акселерометра повышают за счет обработки результатов измерений с помощью микропроцессора.

В системе пассивной безопасности (надувные подушки) и АБС применяют акселерометры, измеряющие только динамические ускорения, что позволяет в ряде случаев не применять обратную связь и не обеспечивать абсолютную температурную стабильность.

Наиболее перспективной конструкцией акселерометра для систем пассивной и активной безопасности являются пьезорезистивные датчики и на эффекте Холла, учитывая их приемлемую стоимость и использование для их производства интегральной и групповой технологий.

Для устранения «звона» датчиков на собственной частоте вследствие ударного возбуждения применяют их демпфирование силиконовым маслом, вязкость и объем которого не зависит от температуры.

11.3. АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ТОРМОЖЕНИЯ

В процессе дорожного движения, особенно на дорогах со скользким покрытием (гололед, мокрый и грязный асфальт или мокрая глинистая трасса), в результате резкого торможения происходит блокирование колес автомобиля, и возникают силы бокового увода колес. Такие явления приводят к потере стабильности движения автомобиля и к потере его управляемости, т.е. автомобиль тормозит юзом. При торможении юзом боковая реакция дороги на колеса полностью отсутствует и автомобиль заносит. На повороте торможение автомобиля в такой ситуации еще более увеличивает вероятность несчастного случая. Кроме того, тормозной путь автомобиля увеличивается по сравнению с торможением без проскальзывания колеса относительно дороги. Автопоезд в такой ситуации при возникновении заноса складывается, т.е. тягач и прицеп могут опрокинуться.

Следует отметить, что сцепление шин автомобилей с дорожным покрытием зависит от коэффициента сцепления μ_v между шинами и дорожным покрытием и коэффициента продольного скольжения λ . Коэффициент сцепления μ_v зависит от следующих факторов:

- состояния дороги;
- пятна контакта шины с дорожным покрытием, причем сила сцепления пропорциональна площади пятна и имеет максимальную величину на сухом асфальте у протектора шины без рисунка;
- скорости движения автомобиля;
- температуры шины и окружающей среды;
- коэффициентов продольного скольжения λ и коэффициента поперечного (бокового) сцепления χ . Как показано на рис. 11.1, до той области, где коэффициент сцепления μ_v достигает максимального значения (он увеличивается в зависимости от коэффициента продольного скольжения λ почти линейно, а затем плавно падает). Коэффициент бокового сцепления, который характеризует силу сопротивления боковому скольжению, также зависит от коэффициента продольного скольжения. При коэффициенте λ , равном 100 %, что соответствует состоянию блокирования колес, коэффициент χ превращается в нуль.

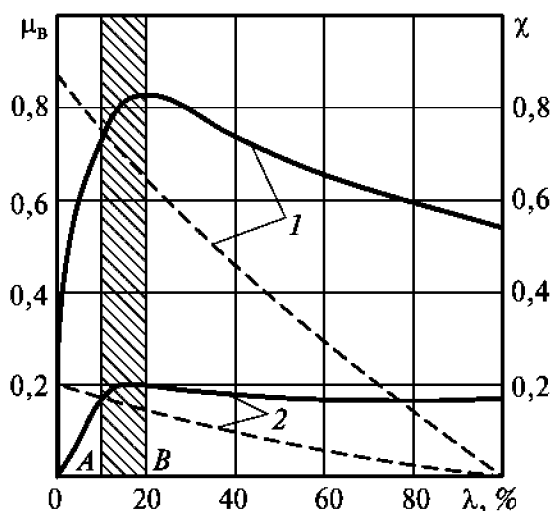


Рис. 11.1. Зависимость коэффициента сцепления μ_v (сплошные линии) и коэффициента бокового сцепления χ (штриховые линии) от коэффициента продольного скольжения λ :

зона $A-B$ — зона оптимального коэффициента скольжения; 1 — сухой бетон; 2 — обледенелая дорога

Обеспечить одновременно оптимальные значения коэффициентов продольного и бокового сцепления практически невозможно, однако если управление процессом торможения производить по области максимального коэффициента трения, то можно получить оптимальное значение силы сопротивления боковому скольжению и тем самым обеспечить эффективное торможение.

В связи с этим управление процессом торможения при скольжении должно осуществляться таким образом, чтобы коэффициент продольного скольжения в случае резкого нажатия на педаль тормоза был равен 15...20 %. Однако осуществлять управление процессом торможения на основе непосредственного вычисления коэффициента продольного скольжения λ невозможно. Поэтому, учитывая, что при непосредственном увеличении давления рабочего тела в тормозной системе скорость вращения заторможенного колеса в той области, где коэффициент продольного сцепления не достигнет максимума, будет быстро падать, можно автоматическое управление давлением осуществлять по величинам падения скорости и замедления колеса. Значения этих параметров в процессе торможения определяют с помощью датчиков угловой скорости колес. Такое автоматическое управление позволяет получить коэффициент продольного скольжения в пределах 15...20 %, предотвратить блокирование колес при торможении и не утратить курсовую устойчивость движения автомобиля по заданной руле-

вым колесом траектории. При этом обеспечивается минимальный тормозной путь по сравнению с процессом неавтоматизированного торможения.

На грузовых автомобилях, особенно на автопоездах, блокирование задних колес приводит к складыванию, блокирование передних колес — к потере управляемости, а при длительном торможении или на мокром льду — к неустойчивости. Блокировка колес у прицепов или полуприцепов ведет при поворотах к быстро наступающей неустойчивости. Кроме того, тормозные моменты для колес одной и той же оси должны быть равными, а степень торможения автомобиля или прицепа должна находиться в границах определенных диапазонов, зависящих от давления торможения в загруженном или незагруженном состоянии автопоезда. Применение регуляторов тормозных сил позволяет предотвратить блокировку колес грузовика в незагруженном состоянии на дорогах с сухим покрытием и при постепенном торможении на скользких дорогах, но не предотвращает блокировку колес при резких торможениях или на поворотах на мокрых и неравномерно скользких дорожных покрытиях.

Если тяговое усилие на ведущих колесах превысит силу сцепления шины с дорожным покрытием, то произойдет пробуксовка колес, как и при их блокировке при торможении. Для легковых автомобилей этот процесс возникает при разгоне, когда может возникнуть угроза заноса, а у автопоездов — при небольших скоростях движения или при трогании с места в гору. Можно считать, что при торможении колесо подвергается отрицательному проскальзыванию, а при разгоне — положительному.

Параметры торможения, состав антиблокировочной и противобуксовочной автоматических систем (АБС/ПБС) определены международными Правилами № 13 ЕЭК ООН и Директивами ЕЭС 85/647, 88/194 и Постановлением 71/320, а в Российской Федерации — ГОСТ Р 41.13—99 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении тормозов».

Рассмотрим антиблокировочную систему управления тормозами четырех колес легкового автомобиля (рис. 11.2), состоящую из электронного блока управления 7, трех датчиков угловой скорости колес 2, 3, 6 (два датчика установлены в передних колесах, а один — в трансмиссии), модулятора 8. Электронный блок обрабатывает сигналы датчиков и вырабатывает управляющий сигнал, который модулятором 8 устанавливает давление тормозной жидкости в цилиндре каждого колеса.

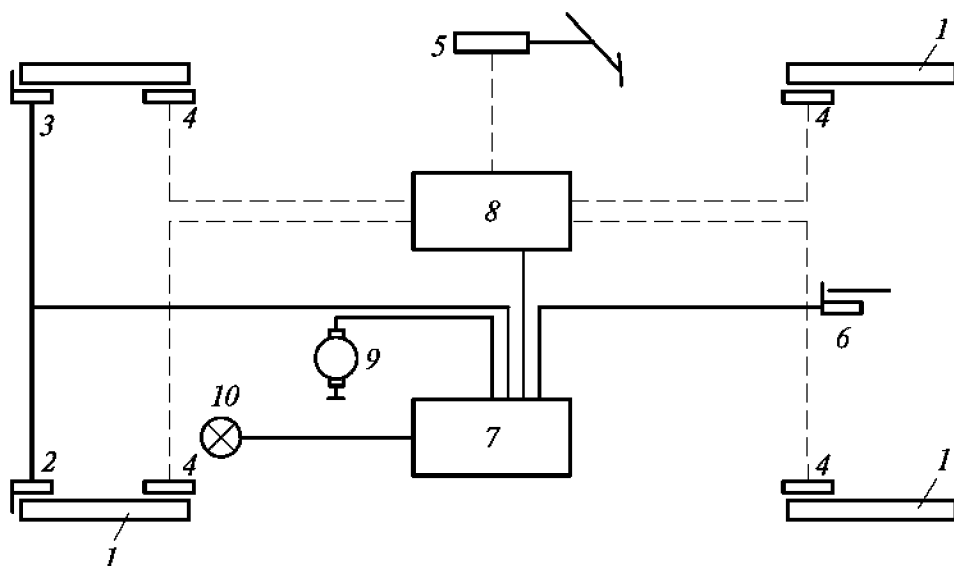


Рис. 11.2. Структурная схема антиблокировочной системы тормозов легкового автомобиля [сплошными линиями показана электрическая проводка, штриховыми — гидросистема]:

- 1 — индукторы датчиков скорости колес (зубчатые диски); 2, 3, 6 — датчики угловой скорости колес; 4 — тормозные цилиндры;
- 5 — главный тормозной цилиндр; 7 — электронный блок управления;
- 8 — модулятор давления тормозной жидкости; 9 — электродвигатель гидронасоса; 10 — индикатор работы АБС

Если в процессе торможения одно колесо начнет частично блокироваться, сигналы датчиков будут отличаться друг от друга. В соответствии с этой разницей в сигналах датчиков электронный блок даст сигнал модулятору уменьшить давление в тормозном цилиндре заблокированного колеса. Колесо перестанет проскальзывать, его угловая скорость сравняется с угловой скоростью других колес, и усилие на тормозной диск снова возрастет. Таким образом, во время торможения происходит непрерывная корректировка тормозных усилий колес, чтобы они не проскальзывали. При изменении угловой скорости, давление в тормозном цилиндре в зависимости от времени торможения меняется. В начале торможения автомобиля датчик угловой скорости показывает быстрое замедление колеса, и электронный блок вырабатывает команду по ограничению давления в тормозном цилиндре заблокированного колеса. Если угловая скорость колеса продолжает уменьшаться, то и давление в тормозном цилиндре продолжает снижаться. Когда угловая скорость колеса начнет увеличиваться до определенного значения, давление в тормозном цилиндре вновь возрастет.

Для грузовых автомобилей, имеющих пневматические тормозные системы, дисковые или барабанные тормоза с гидроприводом

или комбинированные пневматические и гидравлические системы, применяют четырех-, шестиканальные антиблокировочные и противобуксовочные электронные системы различных модификаций. В таких системах тормозные силы задних колес регулируются независимо друг от друга, а передние — по принципу модифицированного индивидуального регулирования. Это означает, что регулирующие каналы АБС/ПБС передних колес осуществляют обмен информацией внутри электронной системы об угловых скоростях каждого колеса. То есть при торможении на дороге, на которой одно колесо движется по льду, а второе — по сухому асфальту, второй канал системы для передних колес регулирует тормозное давление в цилиндре таким образом, что перепады давления увеличиваются медленно и постепенно до максимальных значений, соответствующих силе сцепления шины с дорожным покрытием.

На рис. 11.3 представлена структурная схема четырехканальной АБС/ПБС для трехосных автобусов и грузовых автомобилей с колесной формулой 6×4 . Колеса последней оси оснащены колесными датчиками и тормозные силы регулирует электронный блок. Тормозные силы колес, не оснащенных датчиками, регулируются косвенно, т.е. они не тормозят полностью и не блокируются до тех пор, пока тормозные параметры этих колес не превышают показатели регулируемых колес. Давление воздуха в тормозные цилиндры нерегулируемых колес подается через двойные запорные клапаны, которые препятствуют торможению неведущих колес в режиме противобуксования.

Датчик угловой скорости колес (рис. 11.4) состоит из постоянного магнита 5, катушки (стержневая конструктивная схема) и индуктора 8 (зубчатого колеса), встраиваемого в колесо автомобиля. Такие датчики называют магнитоэлектрическими по принципу их работы. Для легковых автомобилей индуктор имеет от 72 до 60 зубьев, а для грузовых — 100. Обычно датчик устанавливают в специальную зажимную втулку, которая позволяет производить регулировку воздушного зазора между датчиком и зубьями индуктора. При вращении индуктора воздушный зазор между ним и магнитом изменяется, что приводит к изменению магнитного потока и появлению в обмотке переменного напряжения. Частота переменного напряжения датчика пропорциональна угловой скорости вращения индуктора и, поступая на вход электронного блока, она преобразуется в нормированный сигнал.

Основные технические характеристики датчиков угловой скорости колеса приведены в табл. 11.1.

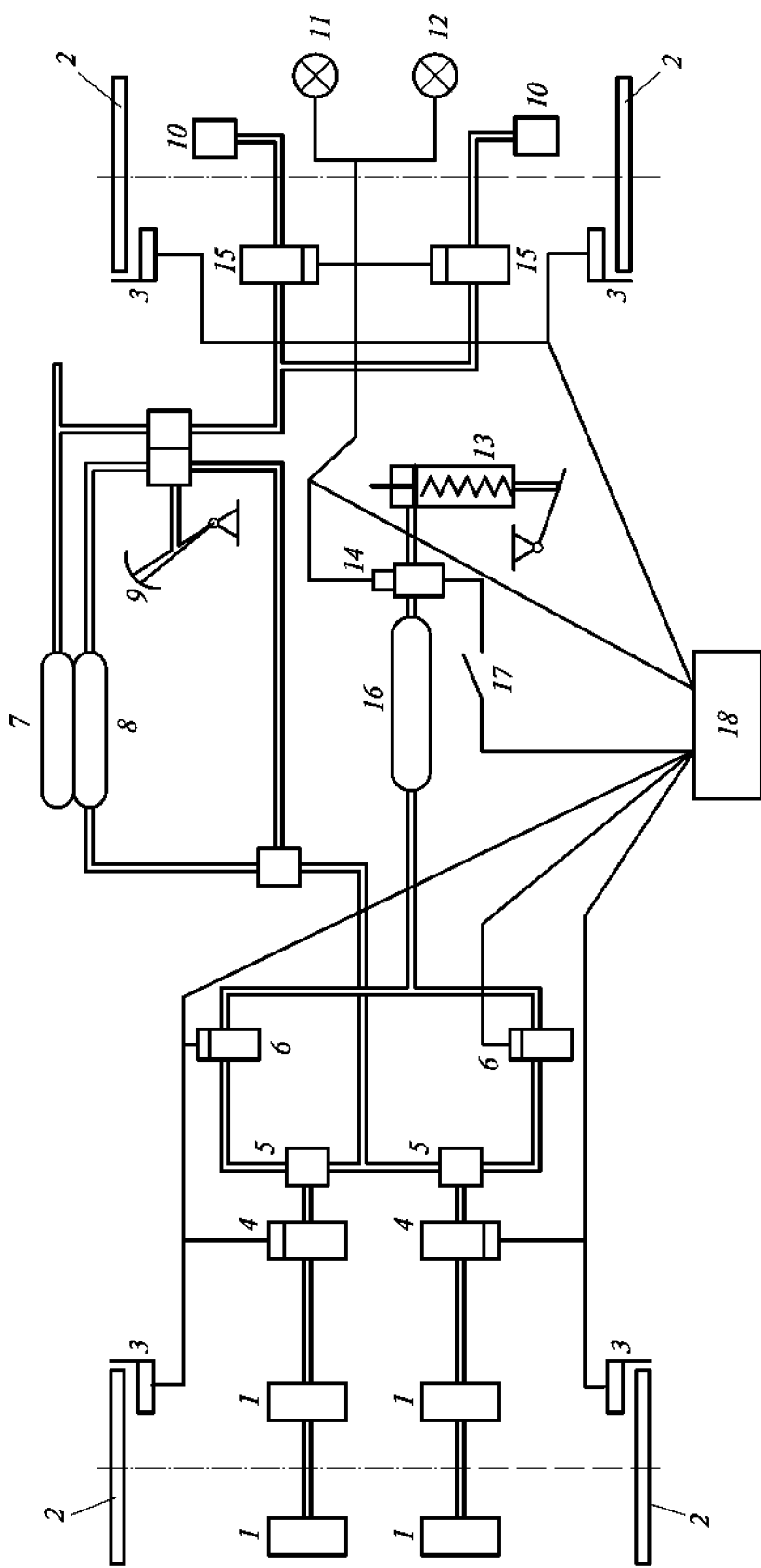


Рис. 11.3. Структурная схема четырехканальной антиблокировочной и противобуксовочной системы тормозов грузового автомобиля:

1, 10 — глушители выпускного воздуха; 2 — индукторы датчиков скорости колес; 3 — датчики угловой скорости передних и задних колес; 4, 15 — регулировочные электромагнитные клапаны; 5 — педаль тормоза; 6 — дифференциальный тормозной клапан; 7, 8, 16 — воздушные ресиверы; 9 — педаль тормоза; 11 — предупредительный световой индикатор ABS; 12 — функциональный индикатор ПБС; 13 — сервоцилиндр ПБС; 14 — пропорциональный клапан; 17 — переключатель функций ABS; 18 — электронный блок управления

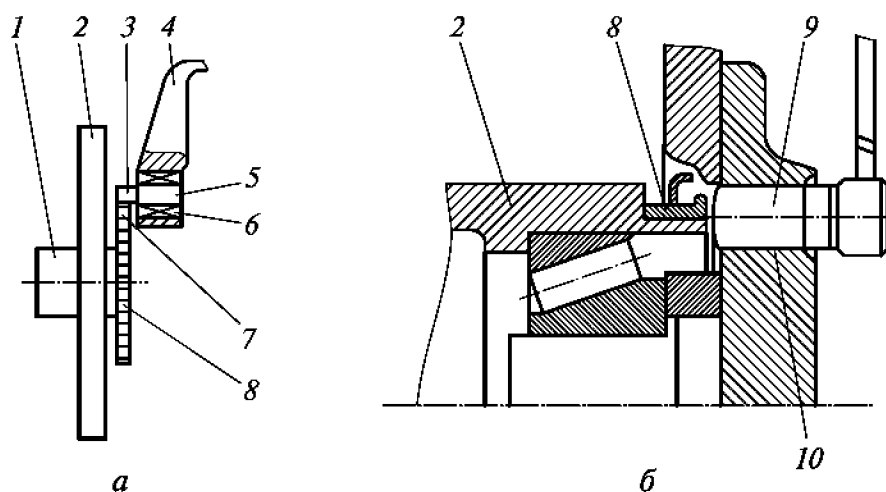


Рис. 11.4. Установка датчика угловой скорости колес легкового (а) и грузового (б) автомобилей:

1 — втулка тормозного диска; 2 — тормозной диск; 3 — сердечник датчика; 4 — шарнир рулевой тяги; 5 — постоянный магнит; 6 — обмотка датчика; 7 — зубья индуктора; 8 — индуктор; 9 — датчик; 10 — втулка датчика

Таблица 11.1. Основные технические характеристики датчиков угловой скорости колеса

Параметр	Тип датчика		
	ЕРО 28879А-1985 (Bosch, ФРГ)	224W042-1987 (VABCO, Швеция)	КМЭД-4М-19889 (Россия)
Габаритные размеры (без кабеля), мм	58×21×79	58×20×60	74×22×22
Диаметр/длина установочной части, мм	16,8/40	16,8/40	16,8/40
Длина кабеля, мм	1910 (без вилки)	330 (с вилкой)	340 (без вилки)
Число витков обмотки	9075	13000	13000
Диаметр провода, мм	0,07	0,063	0,071
Сопротивление, Ом	1241	1850	1670
Амплитуда выходного сигнала (чувствительность), мВ	70	130	185
Масса (без кабеля), г	60	45	55

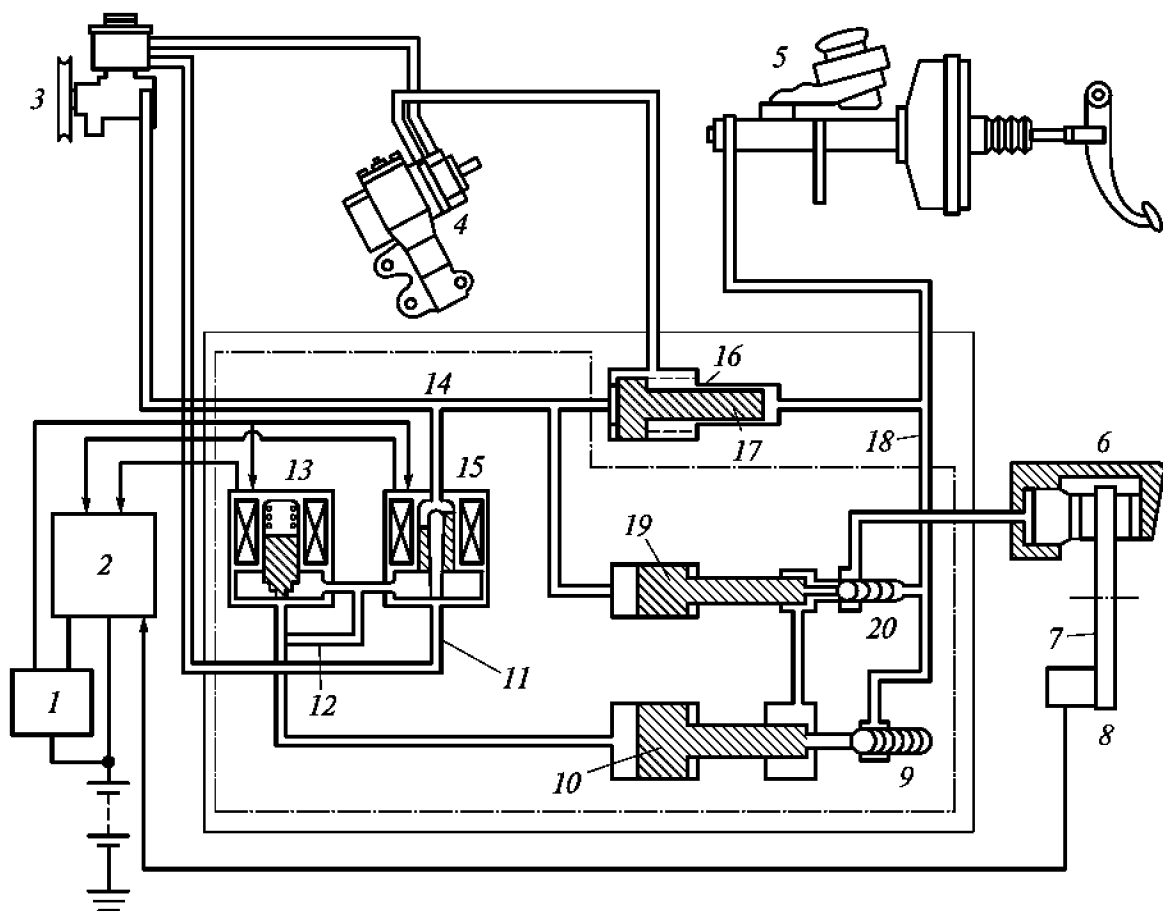


Рис. 11.5. Структурная схема гидравлического модулятора антиблокировочной системы тормозов:

1 — главное реле; 2 — электронный блок управления; 3 — насос гидроусилителя руля (или насос подкачки тормозной жидкости); 4 — гидравлический распределитель рулевого механизма; 5 — главный тормозной цилиндр; 6 — тормозной цилиндр; 7 — индуктор датчика скорости колеса; 8 — датчик угловой скорости колеса; 9, 20 — клапаны отсечки; 10 — редукционный клапан; 11 — перепускной канал тормозной жидкости; 12 — соединительный канал основных и вспомогательных электромагнитных клапанов; 13 — вспомогательный электромагнитный клапан; 14 — модулятор; 15 — основной электромагнитный клапан; 16 — регулировочный клапан; 17 — поршень регулятора; 18 — обводной канал тормозной жидкости; 19 — обводной редукционный клапан

Модулятор представляет собой регулятор давления в тормозных цилиндрах, в который встроены быстродействующие электромагнитные клапаны, предназначенные для повышения, поддержания или понижения давления рабочего тела тормозного механизма.

Гидравлический модулятор (рис. 11.5) функционально можно разделить на четыре узла:

- редуccionный узел для повышения и понижения давления в тормозных цилиндрах;
- узел регулятора, регулирующий давление в системе рулевого управления (гидравлический усилитель руля) в соответствии с давлением в главном тормозном цилиндре;
- обводной узел, который в случае возникновения аномального давления в рулевом гидравлическом усилителе приостанавливает режим АБС, и тормозная система начинает работать в обычном режиме;
- электромагнитный узел, который по сигналам блока управления переключает гидравлические каналы.

Для повышения давления в тормозном цилиндре заднего контура основной клапан закрывается, а для понижения — отрывается. Для увеличения давления подключается магистраль от насоса подкачки тормозной жидкости, а для уменьшения — избыток тормозной жидкости перепускается на слив.

В табл. 11.2 представлен алгоритм работы основного и вспомогательного электромагнитных клапанов модулятора.

В пневматическом модуляторе (рис. 11.6) камера мембранного клапана 2 соединена с атмосферой и поступающее через вход 1 от привода тормоза рабочее тело поднимает мембранный клапан 3 и поступает в тормозной цилиндр 4. Одновременно давление пе-

Таблица 11.2. Алгоритм работы клапанов гидравлического модулятора АБС

Изменение давления	Давление в рабочем цилиндре тормоза	Состояние электромагнитных клапанов	
		Основной	Вспомогательный
Медленное понижение давления	Давление медленно снижается	Открыт	Закрыт
Быстрое понижение давления	Давление быстро снижается	Открыт	Открыт
Медленное повышение давления	Давление медленно нарастает	Закрыт	Закрыт
Быстрое повышение давления	Давление быстро увеличивается	Закрыт	Открыт

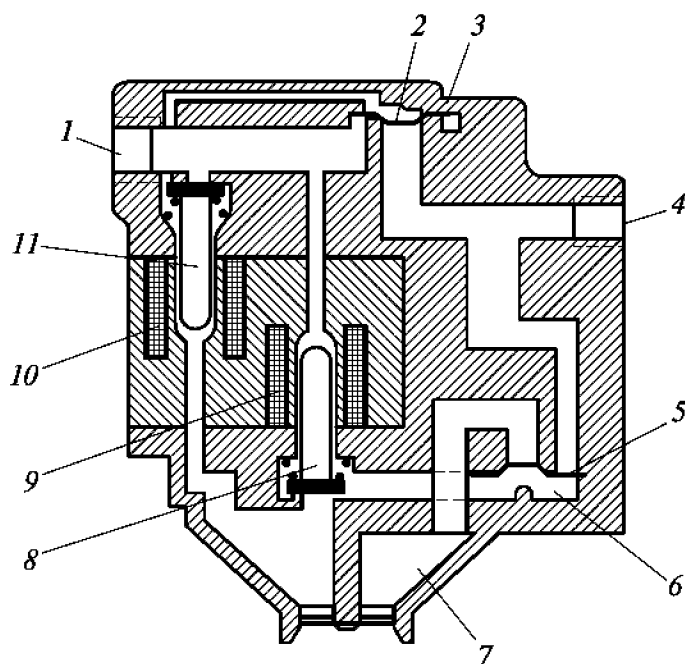


Рис. 11.6. Конструктивная схема пневматического модулятора антиблокировочной системы тормозов:

1 — вход модулятора; 2 — камера мембранного клапана; 3, 5 — мембранные клапаны; 4 — вход в тормозной цилиндр; 6 — регулировочная камера; 7 — глушитель выпускного воздуха; 8, 11 — клапаны электромагнитов; 9, 10 — электромагниты

редается через открытый электромагнитный клапан 8 в мембранную регулировочную камеру 6 и поддерживает ее закрытой. Это обеспечивает повышение давления в тормозном цилиндре. Как только электронный блок определяет (по сигналу датчика колеса) продолжение уменьшения угловой скорости колеса, то включается электромагнит 10, клапан 11 закрывается, и тормозное давление передается в камеру 2. Мембранный клапан 3 закрывается и тем самым прекращает поступление воздуха в тормозной цилиндр. Когда угловая скорость колеса продолжает уменьшаться, электромагнитные клапана 8 и 11 закрываются и мембранный клапан 5 соединяется с камерой выпуска воздуха в глушитель 7. Если в этот момент угловая скорость колеса начнет увеличиваться до значения, записанного в память электронного блока, то откроются электромагнитные клапаны 8 и 11, что приведет к повышению давления в тормозном цилиндре.

Электронный блок управления АБС представляет собой литую коробку с оребрением для теплоотвода, в которой размещена печатная плата, собранная по технологии поверхностного монтажа радиоэлементов и микросхем. Электронный блок содержит две

16-разрядные микроЭВМ, которые осуществляют с помощью комплексной программы расчет и логические операции с регулирующими сигналами управления. Они определяют опорные величины параметров угловой скорости колес, эталонной скорости управления системой, скорость понижения давления в тормозной системе, момент и длительность открытия электромагнитных клапанов модулятора. Сигналы от колесных датчиков преобразуются входным интерфейсом и анализируются двумя автономными 8-разрядными микроЭВМ предохранительной системы. Предохранительная система диагностирует работу электромагнитных клапанов модулятора, усилителей электромагнитов и проводку от блока до датчиков и модулятора. Она вырабатывает сигналы водителю об имеющихся сбоях в работе системы АБС и отключает управление одним или двумя контурами без влияния на работу тормозных механизмов без АБС.

Обнаруженные сбои записываются в память компьютера для проведения диагностирования. В электронном блоке имеется разъем для подключения различных электронных систем управления двигателем для осуществления режима ПБС путем уменьшения подачи топлива в случае возникновения пробуксовки ведущих колес при трогании с места в гору или при резком ускорении (разгоне) автомобиля. В этот момент АБС работает совместно с программой ПБС.

Управление в системе АБС происходит по следующему алгоритму. Критерием блокирования колеса автомобиля является более резкое падение линейной скорости колеса по сравнению с падением скорости автомобиля. По угловой скорости колес вычисляется базовая или «гипотетическая» скорость автомобиля, а эталонная скорость, при которой начинаются управляющие воздействия, устанавливается на некоторую величину меньше «гипотетической» скорости автомобиля. В это же время скорость снижения давления тормозной жидкости, при которой происходит скольжение колеса, также на определенную величину ниже запрограммированной. Поскольку в начале торможения давление в тормозных цилиндрах колес повышается в соответствии с усилием на тормозную педаль, то скорость колес снижается. Когда скорость колес оказывается меньше эталонной скорости автомобиля, а замедление колеса становится большим, то вырабатывается сигнал управляющего блока на быстрое снижение давления в тормозных цилиндрах. Когда скорость колеса восстанавливается и приближается к скорости автомобиля, возникает ускорение колеса, давление медленно возрастает и, как только ускорение колеса

превысит определенное значение, вырабатывается сигнал на быстрое увеличение давления. Благодаря адаптивному характеру построения логики и программного обеспечения микроЭВМ система приспосабливается к конкретным динамическим характеристикам колеса с разными коэффициентами сцепления шины с дорожным покрытием. Пороги замедления и ускорения колеса не являются постоянными, а зависят от многих параметров, например, от скорости движения автомобиля, что учитывается постоянными коэффициентами, заложенными в память электронного блока.

Число циклов регулирования давления в режиме АБС определяется динамическими характеристиками всего регулировочного контура: электронный блок управления — тормоз — колесо — дорожное покрытие. Сцепление шины с дорожным покрытием имеет основное значение. Как правило, АБС производит от трех до пяти циклов управления в секунду, а на мокром льду количество циклов минимально.

При выключении АБС принудительно водителем загорается световое табло, обычно это происходит в недорожных условиях при скоростях движения автомобиля менее 15 км/ч.

Электронные системы АБС/ПБС позволяют использовать дополнительные функции управления, например, включение блокировки дифференциала полноприводных автомобилей, регулирование моторным тормозом и замедлителем тяжелых автопоездов, а также обеспечивают переход на дисковые тормоза тяжелых грузовых автомобилей. Применение АБС/ПБС обеспечивает равномерный износ тормозных накладок и позволяет осуществить согласованное управление тормозным давлением по критерию минимального износа на передней и задней осях. Это позволяет осуществлять сервис и смену тормозных накладок одновременно на всех колесах, что существенно снижает затраты на простой дорогих автомобилей.

11.4. КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

На автомобилях, оборудованных АБС, применяется электронно-стабилизационная программа (ESP), которая является активным средством безопасной траектории движения автомобиля.

Физические основы стабилизации управляемости автомобиля. На движущийся автомобиль действуют различные силы и мо-

менты. Если сумма действующих на автомобиль сил и моментов равна нулю, то направление движения его соответствует заданному водителем. Если сумма сил и моментов не равна нулю, то траектория движения автомобиля будет определяться в направлении результирующей силы и момента.

При движении автомобиля на него действуют следующие силы и моменты:

- тяговое усилие автомобиля;
- сила торможения, действующая в направлении противоположном направлению силы тяги;
- боковые силы, которые поддерживают управляемость автомобиля;
- сила сцепления как следствие трения и земного притяжения;
- момент рыскания, стремящийся развернуть автомобиль вокруг своей оси;
- момент инерции, стремящийся сохранить выбранное направление движения;
- сопротивление воздуха.

Если сила торможения и боковая сила имеют результирующую силу, обусловленную силой сцепления колеса с дорожным покрытием, то автомобиль легко управляем. Увеличение силы торможения уменьшает боковую силу, действующую на автомобиль.

Если результирующая сила равна силе торможения, то колеса блокируются и автомобиль из-за отсутствия боковой силы становится неуправляемым.

Если значение боковой силы приближается к нулю за счет максимального увеличения тягового усилия, ведущие колеса начинают пробуксовывать.

Принцип работы электронно-стабилизирующей системы. Система при помощи датчиков угла поворота рулевого колеса, скорости автомобиля, частоты вращения каждого колеса, «рыскания» автомобиля и поперечного ускорения, распознает:

- куда и с какой скоростью водитель ведет автомобиль;
- направление движения автомобиля в пространстве.

Датчики скорости колес постоянно передают информацию о скорости вращения каждого колеса. Датчик поворота рулевого колеса через шину CAN — Bus передает информацию в блок

управления, который рассчитывает заданное направление движения автомобиля и его оптимальные ходовые характеристики.

Датчик поперечного ускорения «предупреждает» блок управления о боковом развороте автомобиля, а датчик скорости колес — о возникших пробуксовках. По этой информации блок управления определяет характеристику положения автомобиля на дороге.

Если эти характеристики не совпадают, то блок управления рассчитывает степень необходимого вмешательства автоматики АБС, следовательно, система распознает опасность пробуксовки колес и, используя тормозные контуры каждого колеса, притормаживает их с разными тормозными силами, что обеспечивает устойчивость автомобиля на крутых поворотах и при резком повороте рулевого колеса для объезда внезапно возникшего препятствия.

11.5.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Техническое обслуживание компонентов АБС/ПБС осуществляется при ТО-1 или при промежуточном осмотре, когда световая индикация системы информирует водителя о наличии больших воздушных зазоров между датчиком скорости и зубьями диска-

Таблица 11.3. Основные неисправности антиблокировочной и противобуксовочной систем тормозов, их диагностирование и способы устранения			
Неисправность	Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
При включении центрального выключателя или выключателя прицепа индикаторное устройство системы не горит	Короткие замыкания или обрывы в жгуте проводов от АКБ до разъема электронного блока управления или в соединительном кабеле	Проверяют цепь по световым мигающим кодам или мультиметром от аккумуляторной батареи до электронного блока	Устраняют короткие замыкания и обрывы, при необходимости меняют соединительный кабель

Неисправность	Причина возникновения неисправности	Диагностирование	Способ устранения неисправности
	Сгорел предохранитель системы	Проверяют тестером или мультиметром	Меняют предохранитель
Индикаторное табло системы после трогания автомобиля с места не гаснет	Недопустимый воздушный зазор между зубьями индуктора и датчиками колеса	Проверяют по световым мигающим кодам	Устраняют с помощью установочного приспособления или меняют датчик скорости
	Обрыв или короткое замыкание в цепи от электронного блока до датчика скорости	Проверяют с помощью диагностического оборудования	Устраняют обрывы и короткие замыкания

индуктора или о модуляции сигнала из-за биения индуктора. Индикатор загорается и горит постоянно при сбоях в работе программы управления или при нарушении контактных соединений и коротких замыканиях в цепях.

Правила эксплуатации АБС/ПБС заключаются в следующем. Контроль технического состояния антиблокировочных систем тормозов с электронным управлением производят с помощью световых мигающих кодов или специального диагностического оборудования через диагностический разъем, а также с помощью диагностического комплекса на базе персонального компьютера или компьютерного диагностического комплекса фирмы, производящей систему.

Основные неисправности системы АБС/ПБС и способы их диагностирования и устранения приведены в табл. 11.3.

Все сбои в работе системы записываются в память электронного блока. В управляющую программу системы заложены манипуляции, позволяющие отключить электронное управление, и тогда процесс торможения будет происходить в режиме обычного торможения. При этом водитель информируется о переходе на режим обычного торможения световым табло.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные функции систем безопасности дорожного движения.
2. Расскажите о принципе работы антиблокировочной системы тормозов.
3. Какие датчики обеспечивают работу электронного блока?
4. Какова структурная схема электронного блока?
5. Для чего предназначен модулятор тормозной системы?
6. Каков алгоритм работы модулятора?
7. Объясните принцип работы подушек безопасности.
8. Какие датчики применяют в системе управления подушками безопасности?

БОРТОВЫЕ СЕТИ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

12.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Схема электрооборудования объединяет источники электроэнергии, потребители, аппараты защиты и коммутации электрических цепей, установленные на автомобиле и тракторе. Стандартом предусмотрены два вида схем — принципиальная схема и схема соединений.

Принципиальная схема облегчает понимание принципа действия электрооборудования, поиск неисправностей и дает полное представление о взаимодействии всех приборов электрооборудования. На ней главные питающие цепи располагаются горизонтально, а потребители электроэнергии включаются между ними и «массой» автомобиля.

Схема соединений показывает действительное расположение приборов электрооборудования на автомобиле, а также фактическое подключение их в бортовую сеть с указанием выхода из пучка каждого провода, расположение переходных колодок, элементов защиты цепи и т. д.

Общая электрическая схема автомобиля и трактора состоит из отдельных функциональных систем: источников электроснабжения, аппаратов зажигания, приборов внешнего освещения и сигнализации и т. д.

На автомобилях и тракторах применяется однопроводная система передачи электроэнергии с общим соединением на «массу» автомобиля. Двухпроводным включением обеспечены лишь отдельные потребители, например, стояночные огни, звуковые сигналы.

При подключении электрических потребителей в сеть необходимо следовать определенным рекомендациям.

Потребители, включаемые при работающем двигателе, подсоединяются в цепь питания через выводы выключателя зажигания. На автомобилях с дизелем и тракторах они включаются через выключатель приборов и стартера. Все приборы наружного освещения подключаются через выключатель наружного освещения.

Кратковременно работающие мощные потребители: стартер, прикуриватель, а также приборы, работа которых необходима в аварийных случаях, например, звуковой сигнал, аварийная сигнализация, розетка переносной лампы, подкапотная лампа подключаются к линии аккумулятор — генератор или аккумулятор — амперметр, там, где установлен амперметр.

Аварийная сигнализация с указателями поворотов управляется отдельным выключателем.

Все электрические цепи, кроме цепей зажигания и пуска, должны быть защищены от коротких замыканий и перегрузок. Защита от коротких замыканий в цепях зажигания и пуска не вводится. Однако, современные электронные системы зажигания имеют схемную защиту от перегрузок. Введение предохранителей в цепь заряда аккумуляторной батареи не является обязательным, но многие зарубежные фирмы устанавливают предохранитель и в эту цепь. Возможна защита одним предохранителем нескольких электрических цепей. Однако такая групповая защита не допускается для взаимозаменяемых устройств и аварийных цепей.

Для маркировки выводов приборов электрооборудования и соответствующего обозначения их на схемах применяют численные и буквенные индексы.

Маркировка проводов по цветности изоляции создает удобство при их монтаже и ремонте. Сплошная расцветка выполняется в 10 цветов, комбинированная — дополнительно на расцветку наносятся полосы или кольца белого, черного, красного или голубого цвета. Все соединения изделий с корпусом автомобиля и трактора («массой») должны выполняться проводами одного цвета. Провод, соединяющий коммутирующий прибор (выключатель, переключатель) или предохранитель с линией электроснабжения, должен иметь тот же цвет, что и провод электросети, к которой осуществляется подключение.

Участки цепи, проходящие через разборные или неразборные контактные соединения, должны выполняться проводом одинаковой расцветки. Участки цепи, разделенные контактами реле, предохранителями, резисторами и т. п. должны иметь различную расцветку. Расцветка проводов, проложенных в разных жгутах, может повторяться.

Автотракторные провода делятся на провода высокого и низкого напряжения. Провода высокого напряжения применяют только в выходных цепях системы зажигания (у тракторов — в магнето пускового двигателя).

Провода низкого напряжения применяют для соединений в бортовой сети. Они состоят из медных токопроводящих жил с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката или резины. Медные жилы выполняются из луженой или нелуженой проволоки, обладающей высокой электропроводностью, эластичностью и технологически просто соединяемой с наконечниками, штекерами и т. п.

Провода могут иметь бронированную изоляцию для защиты от механических повреждений и экранирующую оплетку для снижения уровня радиопомех на автомобиле. Обычно одножильные гибкие провода, предназначенные для использования на автомобилях, работающих в зоне умеренного климата, проектируются для температурного диапазона от -40 до $+105^{\circ}\text{C}$, а для эксплуатации в зоне холодного климата от -50 до $+80^{\circ}\text{C}$.

Плетеный неизолированный провод используют для соединения вывода аккумуляторной батареи с «массой» и помехоподавляющих перемычек кузова.

На грузовых автомобилях в электрических цепях используют кабель. Площадь жилы, мм^2 , автомобильных проводов соответствует ряду 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; толщина изоляции составляет от 0,35 мм (сечение 0,5 мм^2) до 1,6 мм (95 мм^2).

Провода перед установкой на автомобиль или трактор собирают в жгуты, представляющие собой законченные электротехнические изделия, содержащие кроме проводов их наконечники, плоские штекерные соединители, колодки к разъемам электронных блоков, резиновые защитные колпачки, оплетку и т. д. Перспективными являются плоские жгуты, в которых провода прикреплены к основе методом тепловой сварки. Наконечники проводов выполняются под винтовое крепление с диаметром отверстия на 0,2...0,5 мм больше диаметра винта и в виде плоских штекеров. Плоские штекеры выпускаются толщиной 0,2...0,5 мм и шириной 2,8; 4,8; 6,3; 9,5 мм. Максимально допустимая сила тока для штекеров 2,8 мм — 6 А, 6,3 мм — 20...30 А, 9,5 мм — 30...40 А.

Сечение проводов в жгутах выбирается исходя из их тепловой нагрузки, определяемой температурой окружающей жгут среды, числом проводов в жгуте, тепловой нагрузкой провода и конструкцией жгута. Нормы допустимой силы тока в жгутах проводов традиционной конструкции представлены в табл. 12.1, а в плоских жгутах при прокладке провода в один слой — в табл. 12.2.

Таблица 12.1. Нормы допустимой силы тока в жгутах проводов						
Номинальная площадь сечения провода, мм ²	Допустимая постоянная сила тока, А, при температуре окружающей среды					
	30 °С		50 °С		80 °С	
	Число проводов в жгуте					
	2—7	8—19	2—7	8—19	2—7	8—19
0,5	9,5	6,5	7,5	5,0	5	3,5
0,75	12	8,5	9,5	6,5	6,5	4,5
1	14,5	10,5	11,5	8	7,5	5,5
1,5	19	13	15	10,5	10	7
2,5	26	18	20,5	14	14	9,5
4,0	34,5	23,5	28	18,5	18,5	12,5
6,0	44	31	36	25	26	18

Падение напряжения $\Delta U_{\text{пр}}$ в проводе не должно превышать допустимые пределы. Падение напряжения определяется из соотношения

$$\Delta U_{\text{пр}} = \frac{\rho l I}{S},$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление медного провода при 20 °С (0,0185 Ом·мм²/м); l, I, S — длина, м, сила тока, А, и сечение провода, мм², соответственно.

Таблица 12.2. Нормы допустимой силы тока в плоских жгутах проводов			
Номинальная площадь сечения провода, мм ²	Допустимая постоянная сила тока, А, при температуре окружающей среды		
	30 °С	50 °С	80 °С
0,5	9	7,5	5,5
0,75	11	9,5	7
1	13	11	8
1,5	17	15	10
2,5	23	19	13
4	31	25	17

Если потребитель включается по двухпроводной системе, то I составляет суммарную длину прямого и обратного проводов. Падение напряжения в цепи складывается не только из падения напряжения в проводе, но и из падений напряжения в переходных контактах штекерных соединений, выключателях, соединительных панелях и т.д.

От падения напряжения в цепи, соединяющей генератор с аккумуляторной батареей, зависит степень заряженности батареи. Поскольку сила тока в этой цепи есть величина переменная, обычно для нее нормируется величина сопротивления — не больше 25 мОм.

От сопротивления цепи аккумуляторная батарея — стартер зависит уверенный пуск двигателя. Допустимое сопротивление этой цепи не должно превышать 2 мОм. Переходное сопротивление выключателей и переключателей обычно лежит в пределах 0,05...0,2 мОм, штекерных соединений — 0,1...0,3 мОм, винтовых соединений — 0,03...0,04 мОм.

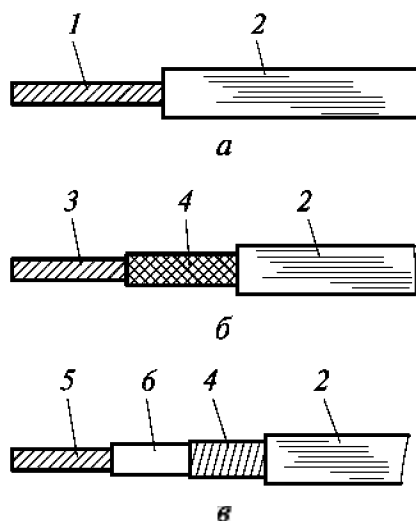
Минимальное напряжение в цепях дальнего и ближнего света должно быть 12,6 (25,1) В, передних габаритных огней, указателей поворота, задних габаритных огней — 12,3 (25,5) В, задних указателей поворота, сигнала торможения — 12,7 (26,3) В с учетом падений напряжения в проводящих цепях. Падение напряжения в стартерной цепи при токе 100 А не должно превышать 0,2 В.

Провода высокого напряжения подразделяются на обычные с металлическим центральным проводником и специальные с распределенными параметрами, обеспечивающие подавление радиопомех.

Провода с металлической центральной жилой (рис. 12.1, а) имеют изоляцию из поливинилхлорида, резины или полиэтилена, по-

Рис. 12.1. Провода высокого напряжения:

а — с металлической центральной жилой; б — резистивный; в — реактивный; 1 — металлическая центральная жила; 2 — изоляция; 3 — токоведущая жила; 4 — оплетка; 5 — центральная нить; 6 — ферропласт



верх которой надета оболочка повышенной бензомаслостойкости. Эти провода обладают низким сопротивлением центральной жилы 18...19 Ом/км рассчитаны на максимальное рабочее напряжение 15...25 кВ и могут применяться только в комплекте с помехоподавляющими резисторами. Помехоподавляющие резисторы имеют сопротивление от 5 до 13 кОм и соединяются со свечой или с распределителем зажигания. Резистор может встраиваться в свечной экранированный наконечник.

Провода с распределенными параметрами подразделяют на провода с распределенным активным сопротивлением (резистивный провод, рис. 12.1, б) и реактивным сопротивлением (реактивный провод, рис. 12.1, в). Резистивный провод имеет токопроводящую жилу из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной сажевым раствором в хлопчатобумажной или капроновой оплетке. Провод такого типа обладает сопротивлением центральной жилы 15...40 кОм/м и рассчитан на максимальное рабочее напряжение 15 кВ.

Реактивный провод находит более широкое применение из-за высоких помехоподавляющих свойств. Провод имеет центральную льняную нить, на которую нанесен слой ферропласта, в состав которого входят марганец-никелевые и никель-цинковые порошки.

Поверх ферропластового сердечника наматывается токопроводящая железоникелевая проволока. Сверху провод изолирован поливинилхлоридной изоляцией. Поглощение радиопомех происходит в проводнике и диэлектрике ферропластового слоя. Провод выдерживает рабочее напряжение 25...40 кВ, и имеет сопротивление центральной жилы 2...2,6 кОм/м.

Для систем зажигания высокой энергии применяется провод с силиконовой изоляцией.

Зарубежные провода имеют (из-за повышенных требований по помехоподавлению) более высокие величины сопротивления. Установка проводов с повышенным сопротивлением может привести к перебоям в работе системы зажигания.

12.2. МУЛЬТИПЛЕКСНЫЕ БОРТОВЫЕ СЕТИ

Мультиплексная электропроводка (модульная) — это система проводки, которая предусматривает подведение ко всем устройствам, входящим в систему двух общих шин — силовой и управляющей (шины данных). По первой к потребителям подводится плюс питающей сети, по второй проходит сигнал на включение или выключение, зашифрованный в двоичном коде. Сигнал фор-

мируется в мультиплексоре при нажатии соответствующего выключателя. Каждый сигнал (предписание) содержит адрес потребителя и данные о каком-либо физическом параметре, определяющем его включение или выключение. Демультимплектор потребителя, получив сигнал (протокол передачи данных), расшифровывает его и, если он соответствует коду включения этого потребителя, подключает его к бортовой сети. Подобным же образом происходит отключение потребителей.

Электронный блок управления осуществляет синхронизацию прохождения сигналов и его усиление. Управляющая шина может представлять собой световод в системе оптической связи. В этом случае управляющий сигнал преобразуется из электрического в световой.

Существует три протокола передачи данных в мультиплексных бортовых сетях связи. Они возникли из-за наличия трех сетей связи классов А и В, имеющих три вида протоколов связи:

- CAN (Controller Area Network) фирмы Bosch;
- VAN (Vehicle Area Network), разработанный во Франции;
- протокол J1850, разработанный SAE (США).

Для класса бортовых мультиплексных систем класса С применяется протокол CAN фирмы Bosch.

В табл. 12.3 приведены классы бортовых мультиплексных сетей и соответствующие им электронные системы.

Во всех протоколах передачи данных особое внимание уделяется отказоустойчивости и защите от электромагнитных помех.

Однако существуют проблемы унификации протоколов передачи данных мультиплексных сетей связи, к которым можно отнести следующие:

- между производителями автомобилей нет согласованных строгих ограничений физических характеристик шины и межсистемных кабелей, разъемов, механических характеристик соединителей, размещения электронного оборудования на автомобиле;
- не отработана структура программы управления сетью, гарантирующая типовые услуги протокола на различных уровнях электронных систем.

Шины связи CAN силового агрегата и между блоками управления информационно-командной системы (климат-контроль, управление стеклоподъемниками и др.) применяются довольно широко

Таблица 12.3. Классы бортовых мультиплексных сетей и их электронные системы

Классы сетей	Системы, электронное оборудование и приборы, управляемые через сеть
А (управление оборудованием кузова) Скорость передачи данных 125 Кбит/с	Электронные блоки управления замками дверей, положением сидений, стеклоподъемниками, положением зеркал заднего вида, климатом в салоне, устройствами развлечения, включением световых и светосигнальных приборов
В (совместное использование информации датчиков — статусная информация) Скорость передачи данных 125 Кбит/с	Электронный щиток приборов, компьютер оборудования кузова, управление ДВС, управление подвеской, АБС, системы диагностирования, навигационные приборы, маршрутный компьютер
С (управление в реальном масштабе времени) Скорость передачи данных не менее 125 Кбит/с	Электронные блоки управления силовым агрегатом, топливоподачей и зажиганием, АБС, подвеской, диагностикой, вспомогательными устройствами

на современных зарубежных автомобилях, оборудованных несколькими микропроцессорными системами управления.

Первая шина называется высокоскоростной и передает информацию со скоростью 500 Кбит/с, а вторая — медленной со скоростью 100 Кбит/с.

Системы управления шинами CAN выполняют одинаковые предписания, сформулированные в соответствующем протоколе передачи данных. Для передачи сигналов используются два скрученных между собой провода, которые эффективно обеспечивают устойчивость к внешним помехам, что необходимо, например, при их расположении в моторном отсеке. Один и тот же сигнал передается передатчиком (трансивером) блока управления через оба провода шины, но различными уровнями напряжения; только в дифференциальном усилителе принимающего блока управления шины формируется единый разностный и отфильтрованный от помех сигнал, поступающий затем на вход шины CAN принимающего блока управления.

Выключение шины CAN силового агрегата производится немедленно или с небольшой задержкой после отключения его от

бортовой сети. Шина CAN информационно-командной системы подключается к бортовой сети и находится обычно в состоянии готовности. Чтобы снизить нагрузку на бортовую сеть в периоды, когда активное участие этой шины в работе общей системы не требуется, при отключении питания она переходит в режим ожидания.

Шина CAN информационно-командной системы сохраняет свою работоспособность при коротком замыкании или при обрыве одного из ее проводов. При этом производится автоматический переход на режим передачи данных по одному проводу.

Электрические сигналы, поступающие с шины CAN силового агрегата, отличаются от сигналов, поступающих с шины CAN и информационно-командной системы.

Шины CAN являются двухпроводными шинами с тактовой частотой 100 Кбит/с или 500 Кбит/с. Все связанные через шину CAN блоки управления подключаются к ней параллельно. Один из проводов шины CAN называется верхним, а другой — нижним. Два скрученные между собой провода образуют двойную пару.

В исходном состоянии шин на обоих проводах поддерживается постоянное напряжение на определенном базовом уровне. У шины CAN силового агрегата (высокоскоростной) это напряжение равно приблизительно 2,5 В, у медленной — 1,5 В. При нахождении напряжения на базовом уровне шины находятся в ждущем режиме, так как режим может быть изменен любым подключенным к шине блоком управления.

При нахождении шины CAN в ждущем режиме разность напряжений на ее проводах равна нулю, а при ее нахождении в приоритетном режиме разность напряжений на проводах шины составляет не менее 2 В.

Усиление сигналов блоков управления происходит в трансивере до уровня, на который рассчитаны приемные устройства всех других блоков управления, подключенных к шине CAN.

Трансивер служит для передачи сигналов на оба провода шины CAN. При этом увеличение напряжения на проводе высокого уровня численно равно его понижению на проводе низкого уровня. Изменение напряжения на каждом проводе шины CAN силового агрегата составляет не менее 1 В, а на каждом проводе шины CAN информационно-командной системы — не менее 3,6 В.

Подключенные к шинам CAN блоки управления имеют определенные входные сопротивления, которые образуют нагрузку на провода шины. Суммарная нагрузка зависит от числа подключенных к шине блоков управления и от их входных сопротивлений.

Например, подключенный к шине CAN силового агрегата блок управления двигателем создает нагрузку до 66 Ом, включенную между проводами высокого и низкого уровня. Другие блоки управления нагружают шину сопротивлениями порядка 2,6 кОм каждый.

В зависимости от числа подключенных блоков управления нагрузка на шину может составлять от 53 до 66 Ом. Отключив клемму зажигания от бортовой сети это сопротивление можно измерять с помощью омметра.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие функции выполняет бортовая сеть автомобиля и трактора?
2. Расскажите о назначении электрических схем.
3. Расскажите о принципах построения электрических схем.
4. Как размечаются провода в пучке проводов?
5. Каковы нормы токовой нагрузки проводов?
6. Каковы нормы падений напряжения на различных участках проводки?
7. Какова структура мультиплексной системы проводки?
8. Назовите основные элементы мультиплексной проводки.
9. Каковы проблемы мультиплексной проводки автомобиля?
10. Расскажите о классах бортовых мультиплексных систем.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Аккумуляторные батареи. Стандартная свинцово-кислотная аккумуляторная батарея напряжением 12 В и емкостью 50 А·ч при массе 20 кг постоянно совершенствуется в направлениях снижения массогабаритных характеристик. Однако совершенствование конструкции аккумуляторных батарей не позволяет радикальным образом снизить их весовые характеристики. Применение никель-кадмиевых, никель-металлогидридных, содо-никель-кадмиевых и литий-углеродных, литий-полимерных (литий-ионных) аккумуляторных батарей не достигло широкого распространения. Наиболее технически отработаны никель-металлогибридные и литий-ионные аккумуляторы, которые производятся в достаточных объемах, но они очень дорогие.

Перспективной конструкцией аккумуляторной батареи является батарея Optima (США), в которой применены рулонные элементы (рис. 13.1). Рулонные элементы представляют собой свитые пластины из высокочистого свинца и его оксида, между которыми находится лента из стекловолокна с абсорбированной в ней соляной кислотой. Эта конструкция не требует обслуживания в эксплуатации, устойчива к вибрации и имеет резервную емкость 124 мин при емкости C_{20} , равной 60 А·ч, максимальную разрядную силу тока 900 А.

Молекулярный накопитель энергии. В качестве дополнительного источника постоянного тока к аккумуляторной батарее применяют молекулярный накопитель электрической энергии — емкость, образованную двойным электрическим слоем на границе поляризуемый электрод — электролит. Электрохимические процессы переноса и удержания электрических зарядов определяются механиз-

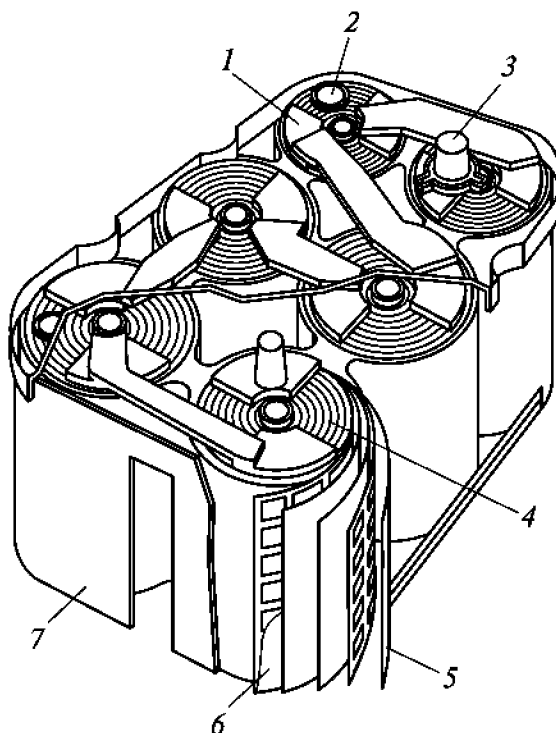


Рис. 13.1. Аккумуляторная батарея с твердым электролитом:

1 — межэлементная перемычка; 2 — предохранительный клапан; 3 — вывод аккумуляторной батареи; 4 — спиральный элемент активной массы; 5 — лента из стекловолокна с кислотой в абсорбированном состоянии; 6 — рулонная лента из высокочистого свинца; 7 — корпус

мом адсорбции ионов поверхностного материала электрода при наличии ионной проводимости электролита и разности потенциалов между токопроводящими клеммами и токосъемниками. В этом случае ионы преодолевают энергетический барьер поверхности, образованный энергией активации, адсорбируются и удерживаются на поверхности и в случае отключения источника тока. Таким образом, получается конденсатор, заряженный до напряжения источника тока. Электролиты могут находиться в жидком и твердом состоянии, но для твердого электролита (ионный проводник) должен состоять из мелкодисперсного и спрессованного материала.

Молекулярный накопитель (ионистор) применяется в системах электропуска для устранения недостатков аккумуляторной батареи, имеющих сравнительно небольшую энергоемкость, используемую для прокручивания коленчатого вала при низких окружающих температурах.

Системы электропуска. В области систем пуска прогнозируется широкое использование молекулярных накопителей электрической энергии, но еще не решены проблемы повышения их удель-

ной энергии при снижении стоимости, так как необходимо улучшение материалов для ионисторов. К проблемам накопителей электрической энергии можно отнести потребность в разработке новых волокнистых углеродно-металлических композитов, пеноуглеродных монолитов, а также пеноуглеродов со связующим материалом, полимерные слои которого должны наноситься на углеродную бумагу.

Прогнозируется широкое распространение стартеров со встроенным редуктором, в том числе номинального напряжения 24 В мощностью 4,0...6,6 кВт. В такие стартеры интегрируется электронное реле для управления и блокирования (при повторном пуске работающего двигателя) стартера от бортового компьютера.

Исследуются перспективы объединения в одной электрической машине функции генератора и стартера (рис. 13.2), что особенно актуально при переходе на напряжение бортовой сети 36 (42) В, а также возможности применения линейного генератора в свободно поршневых генераторах газа, работающих на альтернативных топливах.

Применение стартера-генератора позволяет оптимизировать гибридную силовую установку, которая называется мягким гибридом. Конструкция электрической машины (рис. 13.2) представляет собой асинхронный или синхронный двигатель с электромагнитной редукцией скорости вращения, размещенный в корпусе 1

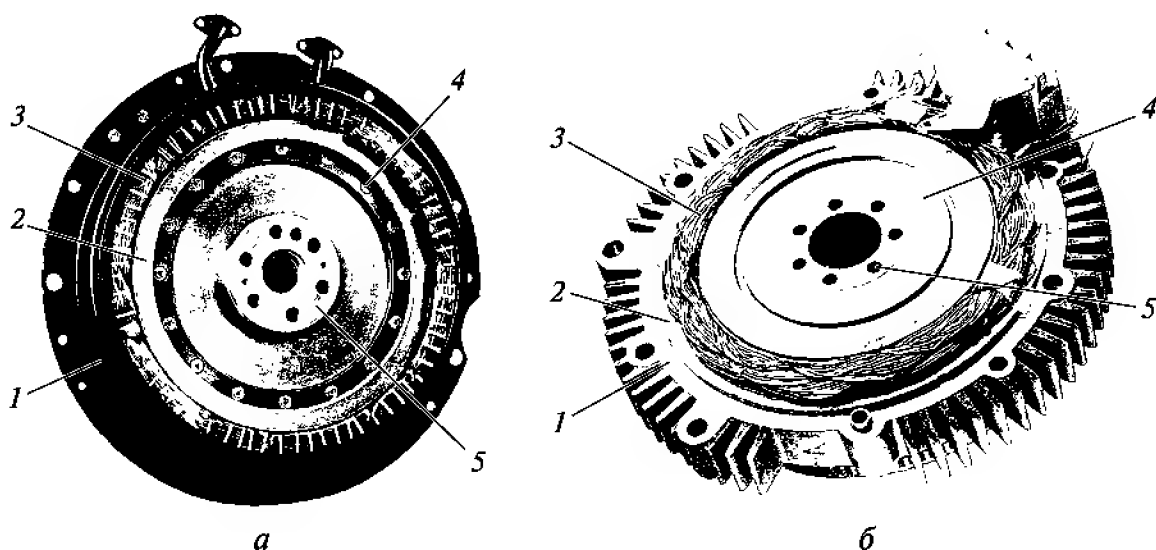


Рис. 13.2. Конструктивные схемы стартера-генератора с водяным (а) и воздушным (б) охлаждением корпуса:

1 — корпус стартер-генератора; 2 — статор; 3 — фазные обмотки; 4 — ротор; 5 — диск для крепления ротора и сцепления

с ребрами и полостью для охлаждающей жидкости с целью обеспечения оптимального теплового режима стартера-генератора. Фазные обмотки и обмотка возбуждения 3 находятся в статоре 2, многополюсной ротор 4 с постоянными магнитами сочленяется с диском сцепления. Интегрированный в двигатель внутреннего сгорания стартер-генератор выполняет одновременно с функциями генератора переменного тока и стартера функцию гасителя (демпфера) крутильных колебаний коленчатого вала.

Управление и выпрямление напряжения осуществляется вентильным преобразователем с микропроцессорным регулятором режимов работы.

Система электроснабжения. В генераторных установках намечается увеличение удельных показателей до значений 350 ... 430 Вт/кг благодаря применению новых магнитных материалов и ленточного статора, которые позволят увеличить количество витков фазной обмотки при сохранении габаритов компактной конструкции.

Примером может служить мощностной ряд нового поколения генераторов фирмы Bosch (табл. 13.1).

При использовании жидкостного охлаждения меняется область применения бесщеточных генераторов. Их применяют на автомобилях высшего класса.

Расширяется область применения однокристалльных регуляторов напряжения на базе микроконтроллера, которые могут обладать регулируемыми и диагностическими функциями, связанными, в том числе, с мультиплексной сетью связи. Помимо функции регулирования напряжения генератора в таком регуляторе имеется возможность оценивать степень заряженности аккумуляторной батареи, отличать режим пуска, холостого хода и нагрузки, регулировать нагрузку генератора по электрическим сигналам и обмениваться информацией о напряжении генератора с микропроцессорной системой управления ДВС.

Система электропривода. В области электропривода прогнозируется применение электродвигателя с плоским якорем и возбуж-

Таблица 13.1. Мощностной ряд перспективных генераторных установок			
Показатель	Компактные конструкции	Для грузовиков среднего класса	Для тяжелых грузовиков
Мощность, кВт	1,9; 2,1; 2,4	2,3; 2,5; 3,0	3,1; 3,8
Масса, кг	6,6	7,0... 7,1	8,6

дением от постоянных магнитов высокой энергии, использование бесщеточных электродвигателей с управлением от транзисторных преобразователей. В области редукции оборотов в линейные перемещения найдут применение самые разнообразные передачи.

Наиболее интенсивно развиваются гибридные силовые установки (комбинированные энергетические установки), которые представляют собой комбинацию теплового двигателя (двигателя внутреннего сгорания, турбины, свободно-поршневого генератора газа) и электрического генератора, который обеспечивает энергией электропривод колес автомобиля. Применение на двигателях внутреннего сгорания стартера-генератора и переход на бортовое напряжение 42 В позволяет использовать молекулярный накопитель электрической энергии на нестационарных (переходных) режимах работы автомобиля (разгон, торможение и пр.) в качестве дополнительного источника электрической энергии для электродвигателей колес (мотор-колес).

Применение такой гибридной схемы силовой установки автомобиля позволяет уменьшить мощность двигателя на 30...40 % (вместо восьмицилиндрового применяют шестицилиндровый двигатель), улучшить экологические и экономические показатели автомобиля.

Управление такой гибридной силовой установкой осуществляется с помощью микроЭВМ, которая обеспечивает оптимизацию рабочих режимов (стартерный, генераторный режимы, заряд молекулярного накопителя, режимы работы электропривода).

В некоторых комбинированных энергетических установках реализуется сложная кинематическая передача от двигателя к генератору и электроприводу, что позволяет использовать двигатель либо в качестве привода колес автомобиля, либо в качестве привода электрогенератора. Это позволяет осуществлять пуск двигателя, трогание автомобиля, рекуперацию энергии при торможении и улучшить динамику разгона.

Система зажигания. Намечается дальнейшее распространение индивидуальных катушек зажигания на свечу с дополнительными диагностическими возможностями контролировать по цилиндрам процесс горения с помощью ионизационных токов. Имеются варианты размещения транзисторного коммутатора непосредственно на верхней части корпуса катушки зажигания.

В настоящее время на зарубежных автомобилях с многоцилиндровыми двигателями с числом цилиндров восемь и больше появились высокочастотные аппараты зажигания с высокочастотными катушками на свечу. Такие высокочастотные катушки зажига-

ния широко применялись на авиационных поршневых и реактивных двигателях. Основой высокочастотных аппаратов систем зажигания являются два взаимосвязанных колебательных контура, а источником начальной энергии — зарядный конденсатор, разряжающийся на первичную обмотку высокочастотной катушки. Высокочастотные аппараты зажигания мало чувствительны к шунтирующим сопротивлениям на свечах зажигания, так как импульсы высокого напряжения имеют крутой фронт и снижают эрозию электродов свечей зажигания.

Электронное оборудование. Намечается широкое применение нейронных схем (электронных схем), которые будут использоваться в мультиплексных бортовых сетях и в системах автоматического управления. Они предназначены для обучения (адаптации) сети и систем к изменяющимся параметрам окружающей среды, износам узлов объектов управления, изменениям погрешностей измерений датчиками, а также условиям движения транспортного средства.

Нейронные схемы представляют собой однородное параллельное соединение множества простых элементов, работающих асинхронно и выдающих новые формы обработки сигналов. Каждый нейрон является объединением весовых значений всех входных сигналов и в зависимости от передаточной функции формирует выходные сигналы в форме суммарной (сигмоидальной) кривой. Обучение схемы определяется модификацией весовых значений, чтобы закодировать представляемый образ в нейронную схему.

Нейронные схемы отличаются высокой отказоустойчивостью аппаратных и программных средств и имеют свойство самообучения. В технических системах математическая модель нейрона реализуется с помощью операций умножения, сложения и определения значений функции одного аргумента, т.е. на основе вычислительной базы контроллера.

Способность саообучения схемы заключается в возможности обнаруживать неисправные компоненты системы или датчика, отключать их, заменяя соединения с неисправными устройствами на резервные схемы, или вносить в программы управления коррективы.

В качестве электронных самообучающихся устройств используют многоуровневые измерительные схемы с прямой связью, которые в процессе обучения корректируют ошибки выходного сигнала и передают информацию об этом на вход схемы. Процесс обучения происходит путем сравнения фактических и требуемых выходных параметров и корректировкой близких весовых значений

параметров пока не минимизируется разница. После усвоения достаточного объема информации схема оценивает ее путем ассоциативной выборки и интерполяции данных.

Система освещения и световой сигнализации. Для повышения безопасности дорожного движения в ночное время прогнозируется применение:

- адаптивных систем переднего освещения AFS (Advanced Front Lighting System);
- распределительной системы освещения DLS (Distributed Light System);
- дополнительного фонаря торможения категории S3;
- системы сигнализации экстренного торможения;
- фар с газоразрядной лампой и электромагнитным регулятором наклона светового пучка;
- дневных ходовых огней;
- систем контурной светоотражающей сигнализации;
- новых фонарей заднего хода и предупредительных специальных фонарей с новыми светотехническими нормативами;
- фар ближнего света для освещения дорожных закруглений bend lighting (bending) с широким разворотом светового пучка в горизонтальной плоскости.

В систему AFS включают фары для освещения дорожных закруглений и дневные ходовые огни с новыми повышенными максимальными фотометрическими требованиями, приближенными к требованиям основного пучка фары ближнего света.

Распределительная система DLS представляет собой две фары ближнего света, на которые при помощи оптоволоконных кабелей подает световой поток одна газоразрядная лампа, расположенная под капотом. Оптические элементы дальнего света оснащены галогенными лампами.

Система безопасности. Ведущими автомобильными фирмами ведутся работы по созданию интегрированной системы безопасности. Концепция такой системы предполагает, что автомобиль оборудуется датчиками навигации, инерции, скорости, положения автомобиля и рулевого колеса, радарными антеннами и системами видеонаблюдения, системой контроля состояния водителя и другими датчиками и системами. Связь между датчиками и процессором вмешательства при столкновении автомобиля с пре-

пятствием осуществляется со скоростью передачи информации более 1 Мбит/с.

Ведутся разработки и исследования по созданию комплексной системы безопасности, способной распознавать положение объектов на дороге, не используя радар или их стереоскопическое изображение, а с помощью видеокамер. Система представляет собой видеокомплекс, позволяющий перекрывать «мертвые зоны» в поле зрения водителя.

В памяти электронного блока системы создается база данных классификации объектов дорожного движения. Система выделяет из полученных изображений контуры попадающих в зрение объектов, приводит их к неким стандартным прямоугольникам и сравнивает их с образцами: например большой квадрат — фургон, средний — джип. Объект широкий, но невысокий автомобиль, узкий и высокий мотоцикл. При этом для надежного распознавания объектов дорожного движения применяется сравнение динамических и статических элементов, составляющих последовательные кадры. Анализируется дистанция до объекта на основе восприятия перспективы, которая определяется по разметке и краям дороги. Для того чтобы определить, представляют ли обнаруженные движущиеся объекты опасность, система моделирует себе дорогу и окружающую местность. Для этого у нее есть алгоритм распознавания геометрии дороги. Сюда входит не только обнаружение разметки на асфальте, но и краев дороги, поворотов впереди, ограждения безопасности и их перил, мостов и других инженерных сооружений.

В салоне автомобиля расположены две стереоскопические видеокамеры, направленные на водителя и переднего пассажира. Сигнал с этих камер используется, чтобы распознать положение человека на сиденье — откинулся ли он назад или приблизился к передней панели, наклонил ли голову и так далее. Эти данные могут использоваться в интеллектуальных подушках безопасности для выбора степени раскрытия в случае столкновения с подключением инфракрасной камеры. Весь поток данных электроника обрабатывает в реальном времени и готова в любой момент выдать сигнал исполнительным системам. Это могут быть цветные светодиоды, показывающие водителю, с какой стороны следует ждать неприятностей, и автоматические системы торможения, а может быть автоматика, берущая на себя рулевое управление.

Следовательно, такая система будет ориентироваться на дороге, подстраховывая водителя. Не исключена возможность временного управления автомобилем в автоматическом режиме. Воспри-

ятие подобных систем подобно восприятию человека, зрение видеокамеры подобно зрению водителя.

Подобную задачу решают инженеры компании Audi. Они создали высокочувствительную систему, способную формировать трехмерное изображение пространства перед транспортным средством.

В основе технологии видения системы — источник модулированного инфракрасного излучения и датчик, который размещен позади ветрового стекла на уровне зеркала заднего вида и состоит из фоточувствительных полупроводниковых элементов, называемых фотонными смешивающими устройствами (Photonic Mixer Devices — PMD). Эти устройства способны обрабатывать сигналы, отраженные от множества координат точек объекта дорожного движения одновременно. Используется различие во времени, требуемое лучам, чтобы отразиться от различных объектов пространства к каждому из чувствительных элементов матрицы PMD. Для вычисления объемного изображения система сравнивает сигнал от каждого пикселя матрицы с опорным модулированным сигналом схемы излучателя.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы перспективы развития конструкций аккумуляторных батарей?
2. Какие новые разработки появились в области систем электропуска?
3. Каковы перспективы развития систем электроснабжения?
4. Каковы перспективы развития систем зажигания?
5. Каковы перспективные разработки в области систем освещения и световой сигнализации?
6. Каковы перспективы развития электронных систем транспортных средств?

1. Автомобильные двигатели. Системы управления и впрыска топлива : рук-во. — СПб. : Алфамер, 2000. — 200 с.
2. Автомобильный справочник «Бош» : пер. с нем. — М. : За рулем, 1999. — 895 с.
3. Автотракторное электрооборудование, приборы и автоэлектроника : номенклатурный каталог. — М. : Изд-во ФГУП «НИИАЭ», 2000. — 275 с.
4. Акимов С. В. Генераторы зарубежных автомобилей / С. В. Акимов, Л. П. Лейкин ; под ред. С. В. Акимова. — М. : За рулем, 2003. — 130 с.
5. Акимов С. В. Электрооборудование автомобилей : учебник / С. В. Акимов, Ю. П. Чижков. — М. : За рулем, 1999. — 384 с.
6. Гирявец А. К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем / А. К. Гирявец. — М. : Стройиздат; Русский сервис, 1997. — 174 с.
7. ГОСТ 19489—74. Система технического обслуживания и ремонтной технологии, испытаний на ремонтпригодность. Основные положения. — М. : Издательство стандартов, 1975. — 35 с.
8. ГОСТ 20.57.406—81. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний. — М. : Издательство стандартов, 1982. — 160 с.
9. ГОСТ 25176—85. Средства диагностирования автомобилей, тракторов и дорожных машин. Классификация. Общие технические требования. — М. : Изд-во стандартов, 1986. — 9 с.
10. ГОСТ 25478—91. Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки. — М. : Изд-во стандартов, 1992. — 36 с.
11. Грехов Л. Б. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением : учеб.-практич. пособие / Л. Б. Грехов. — М. : Легион — Автодата, 2003. — 176 с.
12. Данов Б. А. Системы управления зажиганием автомобильных двигателей / Б. А. Данов. — М. : Горячая линия — Телеком, 2003. — 184 с.
13. Данов Б. А. Электронные системы управления иностранных автомобилей / Б. А. Данов. — М. : Горячая линия — Телеком, 2002. — 224 с.
14. Каталог продукции ОАО «Автоэлектроника». — Калуга : РИА «Ваш дом», 2001. — 29 с.
15. Каталог продукции ОАО «ЗиТ». — Самара, 1999. — 10 с.
16. Каталог продукции АО «ГЕРКОН-АВТО». — Рязань, 1999. — 8 с.

17. Кисуленко Б.В. Требования к осветительным и светосигнальным приборам автомобилей в Европе и США : Этапы их гармонизации / Б.В.Кисуленко, А.А.Эйдинов. — М. : Изд-во НАМИ, 2001. — 95 с.

18. Конструкция автомобиля. Электрооборудование. Системы диагностики : учебник / под ред. А.Л.Карунина. — Т. 4. — М. : Горячая линия — Телеком, 2005. — 480 с.

19. Левитин К.М. Эффективность освещения и световой сигнализации автотранспортных средств / К.М.Левитин. — М : Энергоатомиздат, 1991. — 240 с.

20. Литвиненко В.В. Электрооборудование автомобилей ВАЗ / В.В.Литвиненко. — М. : За рулем, 1999. — 237 с.

21. Литвиненко В.В. Электрооборудование автомобилей ГАЗ-3110, -31029, -3307, -3309, «Волга», «ГАЗель», «Соболь» : Устройство, поиск и устранение неисправностей / В.В.Литвиненко. — М. : За рулем, 2002. — 344 с.

22. Набоких В.А. Электрооборудование тракторов и сельхозмашин : учебник / В.А.Набоких, А.К.Старостин, Ю.П.Чижков. — М. : Азбука, 1997. — 185 с.

23. Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров: тезисы докладов. Секция «Автоматизированное управление, электроника и электрооборудование автотракторной техники», 25—26 сентября 2002 г. — М. : Изд-во «НАМИ», 2002. — 70 с.

24. Рабжаев В.А. Автотракторные провода и жгуты проводов / В.А.Рабжаев, Г.М.Бабич, Л.М.Корец. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 140 с.

25. Системы управления дизельными двигателями : пер. с нем. — М. : За рулем, 2004. — 480 с.

26. Системы управления бензиновыми двигателями : пер. с нем. — М. : За рулем, 2005. — 432 с.

27. Справочник по электрооборудованию автомобилей / [С.В.Акимов, А.В.Акимов, А.А.Здановский и др.]. — М. : Машиностроение, 1994. — 541 с.

28. Теория, конструкция и расчет автотракторного электрооборудования : учебник / [А.В.Акимов, С.В.Акимов, О.А.Акимов и др.] ; под ред. М.Н.Фесенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1992. — 984 с.

29. Тракторы : Конструкция : учебник / [Л.Х.Арустамов, И.П.Ксенович, В.М.Шарипов и др.] ; под ред. И.П.Ксеновича, В.М.Шарипова. — М. : Машиностроение, 2000. — 822 с.

30. Ходасевич А.Г. Справочник по устройству и ремонту электронных приборов автомобилей / А.Г.Ходасевич, Т.И.Ходасевич. — Вып. 1 : Электронные системы зажигания. — М. : АНТЕЛКОМ, 2001. — 208 с.

31. Ходасевич А.Г. Справочник по устройству и ремонту электронных приборов автомобилей / А.Г.Ходасевич, Т.И.Ходасевич. — Ч. 2 : Электронные системы зажигания. — М : АНТЕЛЕКОМ, 2002. — 224 с.

32. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей : курс лекций / Ю.П.Чижков. — Ч. 1. — М. : Машиностроение, 2002. — 240 с.

33. *Чижков Ю.П.* Электрооборудование автомобилей : курс лекций / Ю.П.Чижков. — Ч. 2. — М. : Машиностроение, 2003. — 320 с.

34. Электрооборудование автомобилей : справочник / [А.В.Акимов, С.В.Акимов, О.А.Акимов и др.] ; под ред. Ю.П.Чижкова. — М. : Транспорт, 1993. — 222 с.

Предисловие	4
Глава 1. Условия эксплуатации автомобилей и тракторов.	
Общие требования к электрооборудованию	6
1.1. Классификация электрооборудования автомобилей и тракторов	6
1.2. Условия эксплуатации автомобилей и тракторов	10
1.3. Общие технические требования к электрооборудованию автомобилей и тракторов	15
Глава 2. Аккумуляторные батареи	20
2.1. Принцип работы аккумуляторной батареи	20
2.2. Конструкция аккумуляторных батарей	23
2.3. Диагностирование аккумуляторной батареи	32
Глава 3. Системы электропуска двигателя	38
3.1. Принцип работы систем электропуска	38
3.2. Стартеры	42
3.3. Системы, улучшающие пуск при отрицательных температурах	60
3.4. Испытания стартеров	70
3.5. Диагностирование стартера и устройств облегчения пуска холодного двигателя	72
Глава 4. Системы электроснабжения	87
4.1. Принцип работы генераторной установки	87
4.2. Генераторы	92
4.3. Регуляторы напряжения	112
4.4. Испытания и диагностирование генераторных установок ..	127
Глава 5. Системы зажигания	137
5.1. Принцип работы высоковольтной системы зажигания	137
5.2. Катушки зажигания	143
5.3. Распределители и датчики-распределители зажигания ...	153
5.4. Конструкция транзисторных коммутаторов	160
5.5. Контроллеры микропроцессорных систем зажигания	167
5.6. Свечи зажигания	172
5.7. Диагностирование систем зажигания	187

Глава 6. Электронные системы управления двигателем	201
6.1. Принципы управления силовыми агрегатами автомобиля с помощью электронных систем	201
6.2. Электронные блоки управления	215
6.3. Датчики микропроцессорных систем управления двигателем	220
6.4. Топливоподающие исполнительные устройства	229
6.5. Диагностирование микропроцессорных систем управления двигателем	237
Глава 7. Системы освещения, световой и звуковой сигнализации	243
7.1. Назначение и классификация световых приборов	243
7.2. Фары головного освещения	248
7.3. Светосигнальные огни	264
7.4. Задние фонари	268
7.5. Источники света систем освещения и световой сигнализации	271
7.6. Приборы внутреннего освещения и сигнализаторы	278
7.7. Звуковые сигналы	281
7.8. Диагностирование систем освещения, световой и звуковой сигнализации	283
Глава 8. Информационно-измерительные системы контроля и диагностирования	292
8.1. Общие сведения и принципы работы информационно-измерительных систем контроля и диагностирования	292
8.2. Конструкции указательных приборов и датчиков	294
8.3. Системы диагностирования	316
8.5. Диагностирование информационно-измерительных систем контроля и диагностирования	319
Глава 9. Системы коммутации и защиты сетей электрооборудования	324
9.1. Основные функции системы коммутации и защиты сетей электрооборудования	324
9.2. Коммутационная аппаратура	325
9.3. Защитная аппаратура	333
9.4. Диагностирование систем коммутации и защитной аппаратуры	334
Глава 10. Системы электропривода	336
10.1. Электроприводные механизмы	336
10.2. Управление стеклоочистителями и стеклоомывателями	344
10.3. Диагностирование систем электропривода	348

Глава 11. Системы пассивной и активной безопасности	352
11.1. Электрические и электронные системы безопасности.....	352
11.2. Ремни и подушки безопасности.....	353
11.3. Антиблокировочные системы торможения	355
11.4. Комплексная система безопасной траектории движения автомобиля	366
11.5. Диагностирование систем безопасности.....	368
Глава 12. Бортовые сети автомобилей и тракторов	371
12.1. Электрические и принципиальные схемы автомобилей и тракторов.....	371
12.2. Мультиплексные бортовые сети	376
Глава 13. Перспективы развития конструкций электрического и электронного оборудования автомобилей и тракторов.....	381
Список литературы.....	390



Издательский центр «Академия»

*Учебная литература
для профессионального
образования*

Наши книги можно приобрести (оптом и в розницу)

Москва:

129085, Москва, пр-т Мира, д. 101в, стр. 1
(м. Алексеевская)
Тел.: (495) 648-0507, факс: (495) 616-0029
E-mail: sale@academia-moscow.ru

Филиалы:

Северо-Западный

194044, Санкт-Петербург, ул. Чугунная,
д. 14, оф. 319
Тел./факс: (812) 244-9253
E-mail: spboffice@acadizdat.ru

Приволжский

603101, Нижний Новгород, пр. Молодежный,
д. 31, корп. 3
Тел./факс: (831) 259-7431, 259-7432, 259-7433
E-mail: pf-academia@bk.ru

Уральский

620142, Екатеринбург, ул. Чапаева, д. 1а, оф. 12а
Тел.: (343) 257-1006
Факс: (343) 257-3473
E-mail: academia-ural@mail.ru

Сибирский

630007, Новосибирск, ул. Кривощёковская, д. 15, корп. 3
Тел./факс: (383) 362-2145, 362-2146
E-mail: academia_sibir@mail.ru

Дальневосточный

680038, Хабаровск, ул. Серышева, д. 22, оф. 519, 520, 523
Тел./факс: (4212) 56-8810
E-mail: filialdv-academia@yandex.ru

Южный

344082, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, д. 10/65
Тел.: (863) 203-5512
Факс: (863) 269-5365
E-mail: academia-UG@mail.ru

Представительства:

в Республике Татарстан

420034, Казань, ул. Горсоветская, д. 17/1, офис 36
Тел./факс: (843) 562-1045
E-mail: academia-kazan@mail.ru

в Республике Казахстан

Алматы, пр-т Абая, д. 26А, оф. 209
Тел.: (727) 250-0316, моб.тел.: (701) 014-3775
E-mail: academia_kazakhstan@mail.ru

в Республике Дагестан

Тел.: 8-928-982-9248

www.academia-moscow.ru



Издательский центр «Академия»

*Учебная литература
для профессионального
образования*

**Предлагаем
вашему вниманию
следующие книги:**

Л. И. ВЕРЕИНА, М. М. КРАСНОВ
ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Объем 288 с.

Данный учебник предназначен для изучения предмета «Техническая механика» и является частью учебно-методического комплекта по дисциплинам общепрофессионального цикла для технических специальностей. В учебнике изложены основы теоретической механики, сопротивления материалов, деталей и механизмов машин, даны примеры расчетов, приведены сведения об основных способах изменения механических свойств материалов и тенденции развития конструкций машин и механизмов.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

Ю. П. СОЛНЦЕВ, С. А. ВОЛОГЖАНИНА, А. Ф. ИГОЛКИН
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Объем 496 с.

Учебник создан в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами среднего профессионального образования по укрупненной группе специальностей «Техника и технология наземного транспорта»; ОП.5 «Материаловедение».

В учебнике изложены физико-химические основы материаловедения. Рассмотрены технология термической обработки сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов и закономерности формирования их структуры. Приведены методы испытаний механических свойств материалов, исследова-

ния их микро- и макроструктуры. Рассмотрены процессы коррозии и эксплуатации материалов при низких и высоких температурах, в условиях динамического и усталостного нагружения. Описаны общие принципы выбора и применения материалов для конкретных изделий.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

В.М.ВИНОГРАДОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Объем 384 с.

Учебное пособие предназначено для изучения спецдисциплины «Ремонт автомобилей» и является частью учебно-методического комплекта по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта». В учебном пособии рассмотрены технологические процессы ремонтного восстановления сборочных единиц автомобиля, методы воздействия на материал объектов ремонта, способы диагностирования систем автомобиля. Описано оригинальное оборудование для реализации новых технологий, указаны расходные материалы. Отражены вопросы охраны труда и экологической безопасности на авторемонтных предприятиях.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезно для специалистов автотранспортного комплекса, студентов высших учебных заведений и широкого круга читателей.

В. М. ВИНОГРАДОВ

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ КУЗОВОВ И АГРЕГАТОВ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Объем 208 с.

В учебном пособии приведены основные сведения по проектированию технологических процессов сборки кузовов и агрегатов автомобилей, сборочных приспособлений и технологической оснастки, используемых при изготовлении и ремонте агрегатов и кузовов автомобилей. Подробно рассмотрены процессы сборки-сварки кузовов на заводах — изготовителях автомобилей, технологии разборки и сборки сборочных единиц кузовов и агрегатов при их ремонте на авторемонтных и сервисных предприятиях. Описаны специальные технологии сборки пластиковых и деревянных кузовов.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

А. А. ГЕЛЕНОВ, Т. И. СОЧЕВКО, В. Г. СПИРКИН
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

Объем 304 с.

Учебное пособие предназначено для изучения спецдисциплины «Автомобильные эксплуатационные материалы» и является частью учебно-методического комплекта по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта». Рассмотрены ассортимент, технические требования, важнейшие эксплуатационные свойства современных и перспективных автомобильных топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, а также конструкционно-ремонтные материалы, применяемые при эксплуатации и ремонте автомобилей и подвижной наземной техники. Показано влияние топлив и смазочных материалов на надежность эксплуатации техники. Даны сведения об экологических свойствах и рациональном использовании эксплуатационных материалов. Приведен обширный справочный материал.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

А. А. ГЕЛЕНОВ, Т. И. СОЧЕВКО, В. Г. СПИРКИН
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ: ПРАКТИКУМ

Объем 112 с.

Практикум предназначено для изучения предмета «Автомобильные эксплуатационные материалы» и является частью учебно-методического комплекта по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта». Представлены методики определения основных показателей качества топлив, смазочных материалов, технических жидкостей, лакокрасочных материалов. Отражена значимость показателей для характеристики эксплуатационных свойств этих продуктов, обеспечивающих работоспособность и долговечность техники.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.